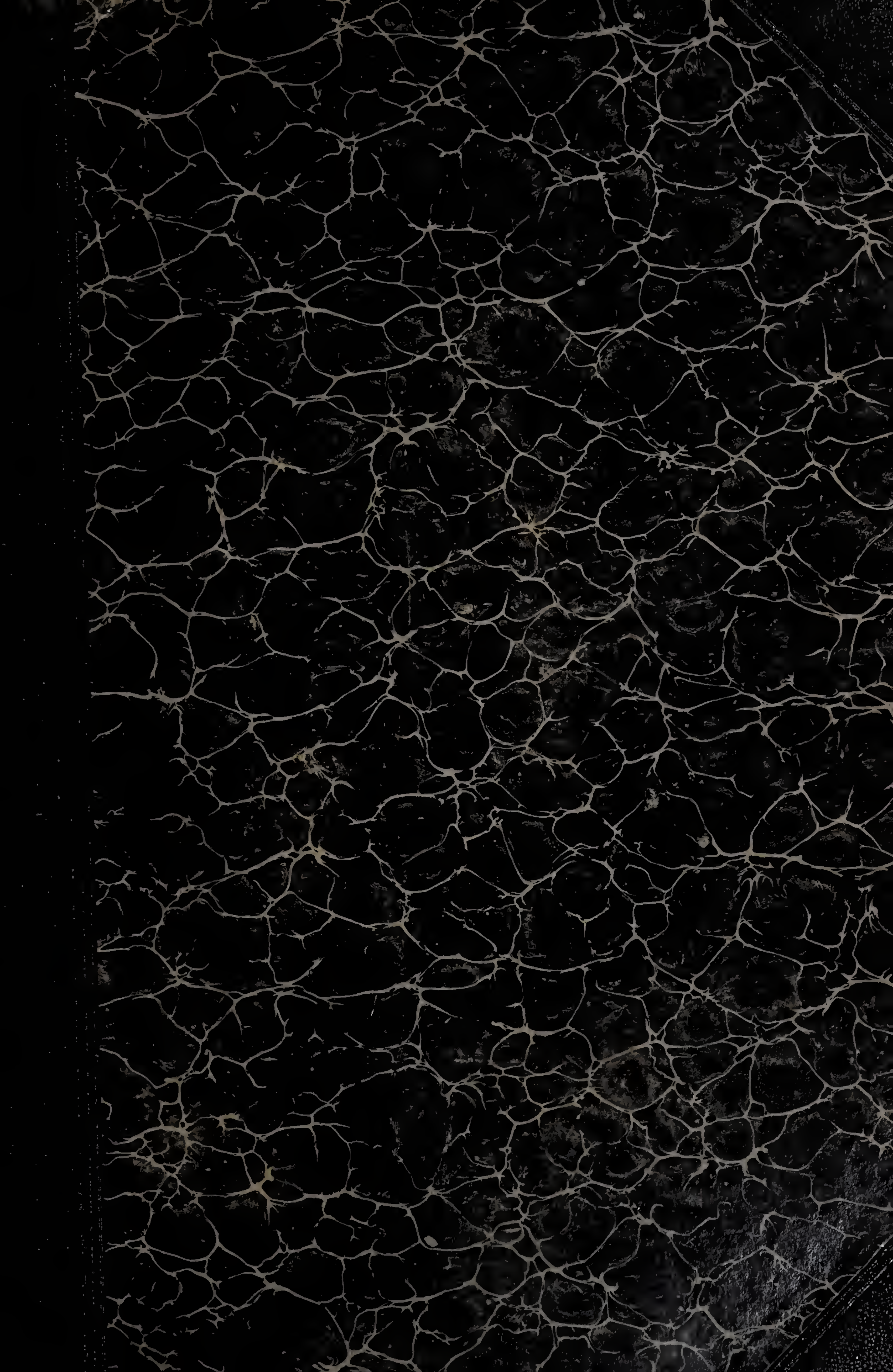



MAX MOHR
ARCHITEKTUR-BUCHHANDLUNG
BERLIN W.





Die Gefammtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« ift am Schluffe des vorliegenden Bandes zu finden.

Ebendafelbft ift auch ein Verzeichnifs der bereits erfchienenen Bände beigefügt.

Jeder Band, bezw. jeder Halb-Band und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet ein für fich abgefchloffenes Ganze und ift einzeln käuflich.

HANDBUCH

DER

ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von Fachgenossen

herausgegeben von

Baudirector
Professor Dr. **Josef Durm**
in Karlsruhe,

Geheimer Regierungsrath
Professor **Hermann Ende**
in Berlin,

und

Geheimer Baurath
Professor Dr. **Eduard Schmitt**
in Darmstadt

Geheimer Baurath
Professor **Heinrich Wagner**
in Darmstadt.

Dritter Theil.

DIE HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN.

4. Band:

Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Künstliche Beleuchtung der Räume.

Heizung und Lüftung der Räume.

Wasserversorgung der Gebäude.

ZWEITE AUFLAGE.

VERLAG VON ARNOLD BERGSTRÄSSER IN DARMSTADT.
1890.

DIE

HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN.

DES

HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR

DRITTER THEIL.

---

4. Band:

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer.

Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Von Dr. **Eduard Schmitt,**

Grofsh. Heff. Geh. Baurath und Profeffor an der technifchen Hochfchule in Darmftadt.

Künftliche Beleuchtung der Räume.

Von

Hermann Fifcher und Dr. **Wilhelm Kohlraufch,**

Profefforen an der technifchen Hochfchule in Hannover.

Heizung und Lüftung der Räume.

Von **Hermann Fifcher,**

Profeffor an der technifchen Hochfchule in Hannover.

Wafferverforgung der Gebäude.

Von **Otto Lueger,**

Ingenieur und Privatdocent an der technifchen Hochfchule in Stuttgart.

ZWEITE AUFLAGE.

Mit 439 in den Text eingedruckten Abbildungen, fo wie 12 in den Text eingehefteten Tafeln, darunter 10 in Farbendruck.

DARMSTADT 1890.

VERLAG VON ARNOLD BERGSTRÄSSER.

Holzſchnitte aus der xylogr. Anſtalt von Wolfgang Pfnor in Darmſtadt.
Zink-Hochätzungen aus dem graphiſchen Inſtitut von Friedrich Wolf in München.
Stein- und Farbendruck-Tafeln aus der lithogr.-artiſt. Anſtalt von Ferdinand Wirtz in Darmſtadt.
Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Handbuch der Architektur.

III. Theil.

Hochbau-Conftructionen.

4. Band.

(Zweite Auflage.)

INHALTS-VERZEICHNISS.

Conftructionen des inneren Ausbaues.

4. Abfchnitt.

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer.

Verzeichnifs
der in den Text eingehefteten Tafeln.

III. Theil, 4. Abtheilung:

CONSTRUCTIONEN DES INNEREN AUSBAUES.

---

4. Abfchnitt.

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer.

1\. Vorbemerkungen.

Die »Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer«, fo wie die im folgenden Abfchnitte zu behandelnden »Entwäfferungs- und Reinigungs-Anlagen« haben aufser den rein technifchen Zwecken des »inneren Ausbaues« auch in hervorragender Weife gefundheitlichen (fanitären, bezw. hygienifchen) Zwecken zu genügen. Sie bilden dem entfprechend einen wefentlichen Beftandtheil der fog. Gefundheitstechnik (Bauhygiene, bauliche Gefundheitslehre), und diefe fteht wieder mit der Hygiene oder Gefundheitspflege — der privaten, wie der öffentlichen — in innigem Zufammenhange.

Es wurde bereits im Vorwort (Grundfätze für die Conftruction) zum III. Theile diefes »Handbuches« (Band 1) darauf hingewiefen, dafs unfere Hochbauten auch ftets den gefundheitlichen Anforderungen zu entfprechen haben. Die Beobachtung und Einhaltung hygienifcher Grundfätze tritt indefs bei den fog. gefundheitstechnifchen Anlagen am mafsgebendften auf. »Zur Einführung« fagte *Reclam* im Vorwort zu feiner Zeitfchrift »Gefundheit«[1]) über das Zufammengehen des Arztes und des Baumeifters bei den in Rede ftehenden baulichen Anlagen: ». . . Die Aerzte allein »vermögen die Urfachen des Erkrankens in den einwirkenden Schädlichkeiten auf- »zufinden und die Hilfsmittel zu bezeichnen. Den ausführenden Technikern erwächst »die Pflicht, die von ärztlicher Seite geftellten Aufgaben zu löfen; freilich müffen »fie diefelben wie die Schädlichkeiten erft kennen lernen, wie auch die Aerzte »zuvor von der Leiftungsfähigkeit der Techniker Kenntnifs erlangen müffen . . .«

Diefem Ausfpruche kann völlig beigetreten werden, fobald aus der zuletzt gedachten »Kenntnifs der Leiftungsfähigkeit der Techniker«, die fich ja naturgemäfs immer nur auf einige Elemente des bautechnifchen Wiffens beziehen kann und wird, nicht etwa die Befähigung abgeleitet wird, über das Ganze der technifchen Ausführung und ihre conftructiven Einzelheiten in entfcheidender Weife aburtheilen zu können, und fobald man die »Pflicht, die von ärztlicher Seite geftellten Aufgaben zu löfen«, nur dahin auffafft, dafs der Architekt in jedem vorliegenden Falle die ihm von hygienifch-ärztlicher Seite geftellte Aufgabe fo weit zu löfen beftrebt fein mufs, als die jeweiligen Verhältniffe und die verfügbaren Mittel dies geftatten, und fo weit es fich mit den baulichen Anforderungen vereinbaren läfft.

---

[1]) Zeitfchrift für körperliches und geiftiges Wohl. Elberfeld.

Die ärztlichen Hygieniker übernehmen bei allen gefundheitstechnifchen Anlagen die Rolle des Bauherrn; ihnen kömmt es zu, das »Bauprogramm« zu entwerfen; Sache des betreffenden Architekten ift es dagegen, die im Programm geftellte Aufgabe »technifch« zu löfen. Allein eben fo, wie in anderen Fällen das Bauprogramm durch die »künftlerifchen« und »technifchen« Erwägungen des mit der Herftellung des Bauprojectes beauftragten Baumeifters, durch die Bedenken, die er vom äfthetifchen und vom conftructiven Standpunkte aus gegen den Umfang und die Löfung der ihm geftellten Aufgabe geltend macht, fo wie durch die ihm zur Seite ftehenden eigenen und fremden Erfahrungen nicht felten Abänderungen erfährt, fo wird und kann es auch niemals als »Pflicht« des Baumeifters angefehen werden, die vom Arzte, bezw. Chemiker geftellte Aufgabe ohne Weiteres »technifch« zu löfen. Vielmehr wird es in nicht feltenen Fällen, mit Rückficht auf die obwaltenden Verhältniffe und die zu Gebote ftehenden Mittel, feine »Pflicht« fein, auf die Abänderung, bezw. die Herabminderung der geftellten Anforderungen hinzuweifen; der Architekt wird demnach in gewiffem Sinne in das Gebiet des Hygienikers hinüberzugreifen haben. Eben fo kann auch der letztere veranlafft werden, beim Entwurf des technifchen Projectes berathend mitzuwirken, durch gefundheitliche Bedenken eine Abänderung deffelben hervorzurufen und bei der Wahl zwifchen Alternativ-Projecten entfcheidend mitzuwirken.

Defshalb ift es, wie *Reclam* ganz richtig bemerkt, von Vortheil, wenn dem Hygieniker die Elemente der Bautechnik, wenn dem Baumeifter die Elemente der Hygiene nicht unbekannt find. Aus diefem Grunde bringen wir — da es im Rahmen des »Handbuches der Architektur« nicht gelegen fein kann, auch die letztgedachten Elementarkenntniffe aufzunehmen — im Nachftehenden ein Verzeichnifs der wichtigeren Schriften über »Gefundheitspflege« und müffen es den medicinifchen Werken überlaffen, in ähnlicher Weife für die Verbreitung bautechnifcher Elementar-Kenntniffe in ihren Kreifen zu forgen. Gleichzeitig haben wir aber den Architekten davor zu warnen, dafs er — fobald er fich die Kenntnifs von den Elementen der Hygiene erworben hat — fich nicht zu weit in das Gebiet des Arztes und Chemikers hinüberwage, eben fo wie wir wünfchen müffen, dafs auch der Hygieniker bei der Ausführung gefundheitstechnifcher Anlagen fein Urtheil nur auf jenes enge Gebiet befchränke, das ihm fein »Können« vorfchreibt. Noch ift es je ausgeblieben, noch wird es je ausbleiben, dafs wenig erfpriefsliche, ja unheilvolle Ergebniffe zum Vorfchein kommen, fobald der Arzt in das eigentliche Gebiet des Technikers, fobald der letztere in das dem Arzte eigenthümliche Bereich eingreift [2]).

Literatur.

Neuere Bücher und Zeitfchriften über »Gefundheitstechnik (Bauhygiene)« und über »Gefundheitspflege (Hygiene)«.

LÉVY, M. *Traité d'hygiène publique et privée.* Paris 1843—45. — 6. Aufl. 1879.

OESTERLEN, F. Handbuch der Hygiene, der privaten und der öffentlichen. Tübingen 1850. — 3. Aufl. 1876.

BECQUEREL, A. *Traité élémentaire d'hygiène privée et publique.* Paris 1851. — 7. Aufl. von F. L. HAHN. 1883.

PAPPENHEIM. Handbuch der Sanitätspolizei. Berlin 1857—64. — 2. Aufl. 1867—70.

---

[2]) Vergl. auch: PROKOP, A. Die Stellung des Technikers zur öffentlichen Gefundheitspflege. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 29. — HARTMANN, K. Beiträge zur Konftruktionslehre der Gefundheitstechnik. Gefundheits-Ing. 1886, S. 86, 123.

LION. Handbuch der Medicinal- und Sanitätspolizei. Iferlohn 1862—75.
PARKES, E. A. *A manual of practical hygiene.* London 1864. — 5. Aufl. London 1878.
STEIN. Verwaltungslehre. 3. Theil. Das öffentliche Gefundheitswefen etc. Stuttgart 1867.
GEORGE, H. *Traité élémentaire d'hygiène.* Paris 1870.
GUY, W. A. *Public health: a popular introduction to fanitary fcience etc.* London 1870.
REICH, E. Syftem der Hygieine. Leipzig 1871.
ROUGET, A. *Études d'hygiène.* Poligny 1871.
BURN, R. S. *Sanitary fcience as applied to the healthy conftruction of houfes.* Glasgow u. London 1872. — Neue Aufl. 1882.
MICHAEL, W. H. *A manual of public medecine etc.* London 1873.
WILSON, G. *A handbook of hygiene and fanitary fcience.* London 1873. — 5. Aufl. 1883. — Deutfche Ueberfetzung von P. BÖRNER. Berlin 1877.
GEIGEL, L. HIRT & G. MERKEL. Handbuch der öffentlichen Gefundheitspflege und der Gewerbekrankheiten. Leipzig 1874. — 2. Aufl. 1875.
ACKERMANN, A. Literarifcher Wegweifer für die öffentliche Gefundheitspflege und das Wohl der Menfchen. Enthaltend die Schriften und Journalartikel der letzten 20 Jahre (1854—1874). München 1875.
ALBU, J. Handbuch der allgemeinen perfönlichen und öffentlichen Gefundheitspflege etc. Berlin 1875.
CAMERON, CH. A. *Manual of hygiene and compendium of fanitary laws.* London 1875.
LEVIEUX. *Études de médecine et d'hygiène publique.* Paris 1875.
KLEYER, A. Gefundheitspflege im Zufammenhang mit Canalbau und Wafferverforgung, nebft einem Anhang über den Zweck und die Einrichtung der Hausentwäfferung. Frankfurt a. M. 1875. — Neue Ausg.: Halberftadt 1882.
LACASSAGNE, A. *Précis d'hygiène privée et fociale.* Paris 1875. — 3. Aufl. 1879.
PICHLER, W. & L. G. KRAUS. Compendium der Hygiene, Sanitätspolizei und gerichtlichen Medicin. Stuttgart 1876.
BLYTH, A. W. *A dictionary of hygiene and public health.* London 1876.
SCHAUENBURG, C. H. Handbuch der öffentlichen und privaten Gefundheitspflege. Berlin 1876.
BUCHAN, W. P. *Plumbing.* London 1876. — 4. Aufl. 1882.
DENTON, B. *Sanitary engineering etc.* London 1877.
HART, E. *A manual of public health etc.* London 1877.
SANDER, F. Handbuch der öffentlichen Gefundheitspflege. Leipzig 1877. — 2. Aufl. bearbeitet u. herausg. vom Vorftand d. niederrhein. Ver. f. öff. Gefundheitspfl. 1885.
PROUST, A. *Traité d'hygiène publique et privée.* Paris 1877. — 2. Aufl. 1882.
HELLYER, S. *The plumber and fanitary houfes. A practical treatife on the principles of internal plumbing work, or the beft means of effectually excluding noxious gafes from our houfes.* London 1877. — 2. Aufl. 1880.
Bericht über die Weltausftellung in Philadelphia 1876. Herausg. von der öfterr. Commiffion. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wafferleitungen. Wien 1878.
KRAUS, L. G. Die Hygiene etc. Leipzig 1878.
BAYLES, J. Q. *Houfe drainage and water-fervice.* New-York 1878.
BANNER, E. G. *Wholefome houfes: a handbook of domeftic fanitation and ventilation.* London 1878. — Neue Aufl. 1882.
ERISMANN, F. Gefundheitslehre für Gebildete aller Stände. München 1878. — 2. Aufl. herausg. v. A. SCHUSTER. 1879.
BUCK, A. H. *A treatife on hygiene and public health.* New-York u. London 1879.
PAULIER, A. B. *Manual d'hygiène publique et privée etc.* Paris 1879.
FRESCHI, F. *Dizionario d'igiene pubblica et di polizia fanitaria etc.* 1879.
SLAGG, CH. *Sanitary work in the fmaller towns and villages.* London 1879. — 2. Aufl. 1883.
WIEL, J. & R. GNEHM. Handbuch der Hygiene. Karlsbad 1880.
DUPUY, E. *Manuel d'hygiène publique et induftrielle etc.* Paris 1881.
PHILBRICK, E. S. *American fanitary engineering.* New-York 1881.
FODOR, J. Hygienifche Unterfuchungen über Luft, Boden und Waffer etc. Abth. 1: Die Luft. Braunfchweig 1881.
NOWAK, J. Lehrbuch der Hygiene etc. Wien 1881. — 3. Aufl. von M. RUBNER. 1888.
BOUCHARDAT, A. *Traité d'hygiène publique et privée etc.* Paris 1881. — 2. Aufl. 1883.

ARNOULD, J. *Nouveaux éléments d'hygiène.* Paris 1881. — 2. Aufl. 1889.
DENTON, B. *A handbook of houfe fanitation for the ufe of all perfons feeking a healthy houfe.* London 1882.
KUNTZE, O. Motivirter Entwurf eines deutfchen Gefundheits-Baugefetzes. Leipzig 1882.
PETTENKOFER, v. & v. ZIEMSSEN's Handbuch der Hygiene und der Gewerbekrankheiten. Leipzig 1882.
PUTZEYS, F. *L'hygiène dans la conftruction des habitations privées.* Brüffel 1882.
Standard practical plumbing. London 1885. — 2. Aufl. 1889.
ROSENTHAL, J. Vorlefungen über öffentliche und private Gefundheitspflege. Erlangen 1887.
UFFELMANN, J. Handbuch der Hygiene. Wien 1889.

Ferner:

Annales d'hygiène publique et de médecine légale. Paris. Erfcheint feit 1829.
Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wafferverforgung. Herausg. v. H. BUNTE. München. Erfcheint feit 1858.
Correfpondenzblatt für die mittelrheinifchen Aerzte. Organ für die Epidemiologie und öffentliche Gefundheitspflege. Red. v. H. PFEIFFER. Darmftadt 1866—68.
Zeitfchrift für Epidemiologie und öffentliche Gefundheitspflege. Herausg. v. H. PFEIFFER u. B. SCHUCHARDT. Neue Folge. Darmftadt 1868—71.
Deutfche Vierteljahrsfchrift für öffentliche Gefundheitspflege. Red. v. A. SPIESS u. M. PISTOR. Braunfchweig. Erfcheint feit 1869.
Correfpondenzblatt des niederrheinifchen Vereins für öffentliche Gefundheitspflege. Red. v. LENT. Köln 1872—82.
The Sanitarian. Erfcheint feit 1873.
The fanitary record. A journal of public health. Herausg. v. E. HART. London. Erfcheint feit 1874.
Gefundheit. Zeitfchrift für öffentliche und private Hygiene. Red. v. J. RUFF. Frankfurt a. M. Erfcheint feit 1875.
The Practitioner. Herausg. von T. BRUNTON. London. Erfcheint feit 1875.
Archiv für öffentliche Gefundheitspflege in Elfafs-Lothringen. Red. v. J. KRIEGER. Strafsburg. Erfcheint feit 1876.
Journal für öffentliche Gefundheitspflege und Volkswirthfchaft. Herausg. von D. BISENZ. Wien 1877—84.
Monatsblatt für öffentliche Gefundheitspflege. Herausg. vom Verein für öffentliche Gefundheitspflege im Herzogthum Braunfchweig. Braunfchweig. Erfcheint feit 1878.
The Plumber and Sanitary Engineer. New-York. Erfcheint feit 1878.
Der Rohrleger. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin 1878—79.
Der Rohrleger und Gefundheits-Ingenieur. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin 1880.
Der Gefundheits-Ingenieur. (Neue Folge des Rohrleger.) Herausg. v. K. HARTMANN u. M. GRUBER. Berlin. Erfcheint feit 1880.
Revue d'hygiène et de police fanitaire. Red. von E. VALIN. Paris. Erfcheint feit 1879.
Giornale della Società Italiana d'igiene. Mailand. Erfcheint feit 1879.
Public health. Reports and papers prefented at the meetings of the American Public health affociation. New-York. Erfcheint nicht mehr.
Centralblatt für allgemeine Gefundheitspflege. Herausg. von FINKELNBURG & LENT. Bonn. Erfcheint feit 1882.
Archiv für Hygiene. Herausg. von J. FORSTER, F. HOFMANN u. M. v. PETTENKOFER. München. Erfcheint feit 1883.
Deutfches Wochenblatt für Gefundheitspflege und Rettungswefen. Herausg. v. P. BOERNER. 1883.
Zeitfchrift für Hygiene. Herausg. v. R. KOCH u. C. FLÜGGE. Leipzig. Erfcheint feit 1885.
Schweizerifche Blätter für Gefundheitspflege. Red. v. G. CUSTER. Zürich. Erfcheint feit 1886.

A. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Von Dr. Eduard Schmitt.

Die Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme ift in gefundheitlicher Beziehung eine fehr wichtige Frage; ihre Löfung ift aber auch eine fehr fchwierige, weil die verfchiedenen dabei mafsgebenden Intereffen nicht felten einander fchroff gegenüberftehen. In den nachftehenden Unterfuchungen follen Anhaltspunkte dafür gegeben werden, wie den zum Theile widerftreitenden Anforderungen und Einflüffen Rechnung getragen werden kann.

---

1. Kapitel.

Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht.

2. Beleuchtung im Allgemeinen.

Die Erhellung der gefchloffenen Räume unferer Gebäude kann in zweifacher Weife gefchehen:

1) durch Sonnen- oder Tageslicht — natürliche Beleuchtung, und
2) durch künftliche Lichtquellen — künftliche Beleuchtung.

Bei Tage ift, wo immer es angeht, wo die örtlichen Verhältniffe es geftatten und wo die Beftimmung des betreffenden Gebäudes nicht das Gegentheil erfordert, die natürliche der künftlichen Beleuchtung vorzuziehen; der wohlthätige Einflufs des Sonnenlichtes auf das menfchliche Auge, fo wie auf den menfchlichen Organismus überhaupt, auf thierifches und pflanzliches Leben ift fo allgemein anerkannt, dafs über diefe Angelegenheit Zweifel nicht entftehen können. Zu erörtern ift nur die Frage, welches Mindeftmafs der Erhellung erforderlich ift, um jene wohlthätige Wirkung zu erzielen — ein Mafs, unter welches nicht gegangen werden darf, wenn das menfchliche Auge nicht Schaden nehmen foll.

3. Erhellungsgrad und Lichteinheit.

Um den Erhellungsgrad eines gefchloffenen Raumes angeben, bezw. die Lichtmenge beftimmen zu können, die irgend ein Flächenelement in diefem Raume unter dem Einflufs einer Lichtquelle befitzt, mufs man ein Vergleichsmafs, eine fog. Lichteinheit, feft ftellen. Bei Erhellung durch Sonnenlicht fcheint es nahe zu liegen, die Einheit aus dem Tageslicht felbft abzuleiten; allein man würde hierdurch keinen Feftwerth erzielen, weil das Tageslicht je nach der Jahres- und Tageszeit, je nach dem Grade der Bewölkung und je nach verfchiedenen anderen Umftänden, von denen fpäter noch die Rede fein wird, wechfelt. Es wurden defshalb andere Einheiten aufgefucht, die fich indefs durchweg auf künftliche Lichtquellen beziehen.

Der Erhellungsgrad eines Flächenelementes in einem gefchloffenen Raume ift aber nicht blofs von der einfallenden Lichtmenge, d. i. von der Zahl der Lichteinheiten, die daffelbe von einer Lichtquelle empfängt, abhängig, fondern auch von

dem Abſtande deſſelben von dieſer Lichtquelle und von dem Winkel, den der Lichtſtrahl mit der beleuchteten Fläche einſchlieſst, dem ſog. Auffallwinkel. Bekanntlich ſteht der Erhellungsgrad im umgekehrten Verhältniſs zum Quadrat jenes Abſtandes und im geraden Verhältniſs zum Sinus des Auffallwinkels. Bei der natürlichen Beleuchtung der Räume können die Oeffnungen in den Wänden, bezw. in der Decke oder im Dach, durch welche das Himmelslicht einfällt — die ſog. Lichtöffnungen oder Lichtfelder — als Lichtquellen angeſehen werden.

Die Lichteinheit iſt in den einzelnen Ländern verſchieden gewählt worden, und es iſt dieſe Frage zur Zeit keine abgeſchloſſene.

In Deutſchland hat der »Deutſche Verein von Gas- und Waſſerfachmännern« als Einheit der Lichtſtärke eine Paraffinkerze von 20 mm Durchmeſſer und von genau beſchriebener Zuſammenſetzung des Dochtes empfohlen und ſich mit deren Herſtellung ſeit 1868 beſchäftigt; 12 ſolcher Kerzen wiegen 1 kg und ſollen eine Flammenhöhe von 50 mm geben.

In Frankreich dient als Einheit das Licht einer Carcel- (Moderateur-) Lampe gröſsten Formats von 20 mm Dochtweite, welche in einer Stunde 42 g gereinigten Colza-Oels (Kohlſaat- oder Rüböls) verbrennt; man nennt dort dieſe Lichtmenge einfach *»bec Carcel«* oder auch ſchlechtweg *»bec«*.

In England wendet man als Lichteinheit die ſog. Parlamentskerze *(London ſtandard ſpermaceti candle)* an, die bei einer Flammenhöhe von 44,5 mm ſtündlich 120 Grains (= 7,77 g) Spermaceti (Wallrath) verbrennt.

Um Vergleiche in den verſchiedenen Angaben zu ermöglichen, ſei erwähnt, daſs annähernd

1 deutſche Normalkerze = 0,10 *becs Carcel* = 0,98 Parlamentskerzen,
1 *bec Carcel* = 9,83 (oder rund 10) Vereinskerzen = 9,6 Parlamentskerzen und
1 engl. Parlamentskerze = 1,02 Vereinskerzen = 0,104 *becs Carcel*.

Dieſe Lichteinheiten haben der Hauptbedingung, welche man an ein Urmaſs ſtellen muſs: daſs es bequem an allen Orten und zu allen Zeiten herzuſtellen iſt — nicht ganz entſprochen; namentlich war deren Unveränderlichkeit (Conſtanz) nicht in genügendem Maſse zu erreichen.

Im Jahre 1878 ſtellte *Schwendler* die Einheit für Lichtmeſſungen durch die Wirkung eines ſtändigen galvaniſchen Stromes, der ein 0,017 m dickes Platinblech durchflieſst, dar; die Helligkeit, mit der eine ſolche Platineinheit glüht, iſt in hohem Maſse unveränderlich. Da es indeſs umſtändlich und ſchwierig iſt, einen conſtanten galvaniſchen Strom zu erzeugen und zu controliren, ſo hat dieſe Einheit keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Die 1881 ſtattgehabte erſte internationale Elektricitäts-Ausſtellung zu Paris gab Anlaſs, ſich mit dem fraglichen Gegenſtande gleichfalls zu beſchäftigen, um ſo mehr, als man beim elektriſchen Bogenlicht bedeutend gröſsere Helligkeitsgrade zu beſtimmen hatte, wie ſeither. Indeſs kam der damals abgehaltene internationale Congreſs von Elektrikern zu keinem abſchlieſsenden Ergebniſs, und es wurde die Bearbeitung der Frage einer internationalen Commiſſion überwieſen. Von dieſer wurde 1884 als »praktiſche Einheit des weiſsen Lichtes die Lichtmenge, welche in normaler Richtung von 1 qcm der Oberfläche von geſchmolzenem Platin bei der Erſtarrungs-Temperatur ausgegeben wird«, angenommen.

Dieſe Platin-Lichteinheit wurde durch einen von *Siemens* conſtruirten Apparat praktiſch brauchbar gemacht; allerdings hängt dabei das Licht nicht von im Erſtarren geſchmolzenem Platin, ſondern von im Schmelzen begriffenem ab. Im Uebrigen iſt die *Siemens*'ſche Platin-Einheit ein ſehr zuverläſſiges Lichtmaſs. *Siemens* fand die Helligkeit ſeiner Einheit im Schmelzpunkt gleich derjenigen von 15 engl. Parlamentskerzen.

Hefner-Alteneck ſchlug als Lichteinheit die Leuchtkraft einer frei brennenden Flamme vor, welche aus dem Querſchnitte eines maſſiven, mit Amylacetat geſättigten Dochtes aufſteigt, der ein kreisrundes Dochtröhrchen aus Neuſilber von 8 mm innerem, 8,3 mm äuſserem Durchmeſſer und 25 mm frei ſtehender Länge vollkommen ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm vom Rande des Dochtröhrchens aus und wenigſtens 10 Minuten nach dem Anzünden gemeſſen. Die Gröſse dieſer Amylacetat-Einheit iſt gleich der mittleren Leuchtkraft einer engliſchen Wallrathkerze; die Conſtanz dieſer Lichtquelle iſt eine vorzügliche; die 1888-er Verſammlung des »Deutſchen Vereins von Gas- und Waſſerfachmännern« hat die Amylacetat-Lampe »ſchon in ihrer jetzigen Geſtalt als ein geeignetes Vergleichsmittel für Lichtmeſſungen« bezeichnet [3]).

[3]) Siehe über Normal- und Vergleichslichtquellen: KRÜSS, H. Die elektro-techniſche Photometrie. Wien, Peſt, Leipzig 1886. S. 96 u. ff. — ferner: WEBER L. Zur Frage der Lichteinheiten. Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1888, S. 597.

4. Erhellung mittels Sonnenlicht

Das Sonnenlicht ift in den allermeiften Fällen fo ftark und fo grell, dafs die gefchloffenen Räume unferer Gebäude davor gefchützt werden müffen. Die Erhellung derfelben bei Tage erfolgt defshalb durch das von der Atmofphäre aufgenommene und wieder zerftreute (diffufe) Licht.

Die Räume felbft werden durch folches Licht entweder unmittelbar oder mittelbar erhellt.

Das Tageslicht ift unmittelbar (direct), wenn die Lichtöffnung, durch welche daffelbe einfällt, unmittelbar in das Freie führt. Mittelbares (indirectes) Tageslicht empfangen Räume durch Lichtöffnungen, welche nach benachbarten — daneben oder darüber gelegenen — unmittelbar erhellten Räumen münden.

Bei der unmittelbaren Beleuchtung ift noch zu unterfcheiden, ob das zerftreute Sonnenlicht ganz unbeeinträchtigt aus dem völlig Freien kommt oder ob der Lichteinfall durch gegenüber liegende oder benachbarte Gebäude, bezw. andere Gegenftände ganz oder zum Theile gehemmt ift, fo dafs es theilweife als Reflex-Licht zur Wirkfamkeit kommt. Befonders ftörend und für das Auge geradezu fchädlich ift das Reflex-Licht, welches von hell gefärbten und vom Sonnenlicht grell erhellten Flächen zurückgeworfen wird und in Räume benachbarter oder gegenüber liegender Gebäude einfällt; folches Licht foll defshalb fo weit, als irgend möglich, vermieden werden.

5. Unmittelbare Erhellung.

Die Lichtöffnungen, durch welche gefchloffene Räume unmittelbares Tageslicht empfangen, werden angeordnet:

1) in den feitlichen Umfaffungswänden — Seitenlicht, oder

2) in den nach oben abfchliefsenden Decken, bezw. Dächern — Decken-, bezw. Dachlicht.

Decken- und Dachlicht werden häufig als Oberlicht[4]) bezeichnet. In beftimmten Fällen wird das von oben lothrecht einfallende Licht auch Zenith-Licht genannt, insbefondere, wenn es nahe am Firft eines Satteldaches, in der Spitze eines Zeltdaches, durch den Scheitel eines Kuppelgewölbes, bezw. Kuppeldaches etc. in den Raum einfällt.

3) Nicht felten kommen feitliche und in der Decke, bezw. im Dach angeordnete Lichtöffnungen gleichzeitig zur Anwendung. Es gefchieht dies hauptfächlich in jenen Fällen, wo ein Raum durch die feitlich angebrachten Fenfteröffnungen in gewiffen (rückwärts gelegenen) Theilen nicht genügend erhellt wird; das Decken-, bezw. Dachlicht dient dann zur Vervollftändigung der Erhellung in diefen Theilen. Bisweilen ift jedoch das Decken-, bezw. Dachlicht die Hauptlichtquelle für den betreffenden Raum, und die in feinen Umfaffungswänden vorhandenen Fenfteröffnungen find hauptfächlich in Rückficht auf die Lufterneuerung oder aus anderen, mit der Raumerhellung nicht zufammenhängenden Gründen vorgefehen worden.

6. Seitliche Erhellung.

Die am häufigften vorkommende Art der Tageserhellung unferer Räume ift diejenige mittels Seitenlicht, und darunter wieder diejenige mittels gewöhnlicher Fenfter, d. i. folcher, deren Unterkante in Brüftungshöhe gelegen ift oder tiefer herabreicht. Befinden fich die Fenfteröffnungen in wefentlich gröfserer Höhe, fo erfolgt die Erhellung des betreffenden Raumes mittels fog. hohen Seitenlichtes oder Hochlichtes, welches auch Oberlicht[5]) genannt wird.

---

[4]) Im »Handbuch der Architektur« wird der Gebrauch der Bezeichnung »Oberlicht« vermieden, um Mifsverftändniffen vorzubeugen; wie noch in Art. 6 gefagt werden wird, nennt man nicht felten hoch einfallendes Seitenlicht gleichfalls »Oberlicht«.

[5]) Diefe Bezeichnung wird namentlich für Fenfter, die über Thür- oder Thoröffnungen angebracht find, gebraucht. (Siehe auch die vorhergehende Fufsnote.)

Die feitliche Erhellung von Räumen erfolgt aber auch bisweilen durch verglaste Wände, viel feltener durch fog. Glasthüren; der erftere Fall tritt namentlich bei Pflanzenhäufern, photographifchen Arbeitsftätten, Markthallen, Perfonenhallen gröfserer Bahnhöfe, Ausftellungsbauten etc. ein.

7. Erhellung von oben.

Wenn ein Raum von oben erhellt werden foll, fo wird, wenn eine wagrechte Decken-Conftruction vorhanden ift, entweder die ganze Decke oder meift ein entfprechend grofser, thunlichft central gelegener Theil derfelben als Lichtfläche conftruirt; die darüber gelegenen Dachflächen find alsdann gleichfalls mit genügend grofsen Lichtöffnungen zu verfehen, und in manchen Fällen wird zwifchen Decke und Dach ein Lichtfchacht angeordnet.

Ift der zu erhellende Raum nach oben unmittelbar durch die Dach-Conftruction abgefchloffen, fo ift in den Dachflächen ein entfprechend grofser, central gelegener Theil lichtdurchläffig auszuführen.

8. Seitlich oder von oben einfallendes Licht?

In fehr vielen Fällen ift die Frage, ob man einen Raum durch feitlich oder durch von oben einfallendes Licht zu erhellen habe, durch die Lage diefes Raumes im Gebäude felbft ohne Weiteres beantwortet. Sind über dem zu erhellenden Raume andere Räume angeordnet, fo ift eine unmittelbare Beleuchtung des erfteren von oben fo gut wie ausgefchloffen, und eben fo giebt es Fälle, wo ein Raum von der Seite her fich gar nicht oder doch nicht ausreichend erhellen läfft, fo dafs Lichteinfall von oben geradezu geboten ift.

Von derartigen Fällen abgefehen, läfft fich die Frage, ob Seitenlicht dem Decken-, bezw. Dachlicht vorzuziehen fei und umgekehrt, allgemein nicht beantworten; hauptfächlich wird dabei die Beftimmung des betreffenden Raumes ausfchlaggebend fein.

Sind, wie dies meiftens zutrifft, nur in einer Umfaffungswand des zu erhellenden Raumes Fenfter angeordnet, fo ift in einem Punkte deffelben der Erhellungsgrad ein um fo geringerer, je weiter er von den lichtgebenden Wandöffnungen entfernt ift. Wenn fonach die Beftimmung des betreffenden Raumes eine derartige, nach der Raumtiefe abnehmende Erhellung zuläfft, fo ift folches Seitenlicht anwendbar. Geftattet die beabfichtigte Raumbenutzung dies nicht und laffen fich Fenfter in zwei einander gegenüber ftehenden Wänden anbringen, fo wird man dadurch in manchen Fällen die ausreichende, bezw. geeignete Erhellung des Raumes erzielen können.

Immerhin wird es Fälle geben, wo durch feitliches Licht entweder keine genügende oder keine geeignete Raumerhellung erzielt werden kann, wo dies vielmehr nur durch von oben einfallendes Licht erreichbar ift. Handelt es fich darum, grofse wagrechte Flächen thunlichft gleichmäfsig zu erhellen, fo kann dies durch Decken-, bezw. Dachlicht eher bewirkt werden, als durch Seitenlicht. Allerdings werden auch bei von oben einfallendem Lichte die am Umfange der zu erhellenden wagrechten Fläche gelegenen Theile etwas fchwächer beleuchtet fein, als die gerade unter der Lichtöffnung befindlichen; allein die Ungleichmäfsigkeit in der Erhellung wird eine viel geringere, als bei feitlicher Beleuchtung fein.

Es giebt ferner Fälle, wo es fich hauptfächlich darum handelt, in beftimmten Theilen der Umfaffungswände einen thunlichft gleichmäfsigen Erhellungsgrad zu erzielen. Bei feitlicher Beleuchtung find die mit Fenftern verfehenen Wände für viele Zwecke faft unbenutzbar, und die fenkrecht dazu ftehenden Wände zeigen, je nach dem Abftand von der Fenfterwand, im Erhellungsgrade verfchiedene Abftufungen, fo dafs auch diefe nur unter gewiffen Bedingungen zweckmäfsig verwendet werden

können. Hingegen läfft fich durch in der Decke, bezw. im Dach thunlichft central angeordnete Lichtöffnungen, insbefondere, wenn man noch gewiffe Vorfichtsmafsregeln trifft, eine viel gleichmäfsigere Erhellung der betreffenden Theile fämmtlicher Umfaffungswände erzielen.

In derartigen Fällen wird fonach die Erhellung von oben derjenigen von der Seite her vorzuziehen fein, und man wird auch noch den weiteren Vortheil des von oben einfallenden Lichtes auszunutzen in der Lage fein, der darin befteht, dafs letzteres in der Regel von der Umgebung weniger beeinträchtigt wird, als das Seitenlicht.

Indefs ift die Raumerhellung von oben nicht frei von Mifsftänden:

1) Der Erhellungsgrad ift je nach dem Stande der Sonne ein ziemlich ftark wechfelnder; zwar ift dies auch bei Seitenlicht der Fall, allein in wefentlich geringerem Mafse.

2) Unter fonft gleichen Verhältniffen ift in vielen Fällen der Erhellungsgrad, den von oben einfallendes Licht erzeugt, weniger ausgiebig, als der vom Seitenlicht herrührende. Denn die Arbeitsftellen etc. des betreffenden Raumes befinden fich meift dem Fufsboden nahe, und da die Entfernung derfelben von der Lichtöffnung im erfteren Falle in der Regel gröfser ift, als im letzteren, fo mufs der Erhellungsgrad ein geringerer fein.

Oder umgekehrt: will man in beiden Fällen einen gleichen Erhellungsgrad erzielen, fo werden bei Beleuchtung von oben die Lichtöffnungen in der Regel gröfser fein müffen, als bei feitlicher Erhellung. Da nun Fenfter etc. in der Ausführung meift billiger zu ftehen kommen, als Decken- und Dachlichter, fo bedingt die Erhellung von oben im Allgemeinen theuerere conftructive Einrichtungen, als jene von der Seite her.

3) Von oben einfallendes Licht erzeugt in manchen Fällen auch aus dem Grunde einen geringeren Erhellungsgrad, weil bei folcher Beleuchtungsart die doppelte Verglafung der Lichtöffnung (in der Decke und im Dach) häufiger nothwendig wird, als bei feitlicher Erhellung.

4) Bei Schneefall wird die Wirkfamkeit von Decken- und Dachlichtern beeinträchtigt. Indefs kann man diefem Mifsftande in ausgiebiger Weife begegnen, wenn man die verglasten Flächen der Lichtöffnungen fo fteil anordnet, dafs der Schnee darauf nicht liegen bleibt; und wenn letzteres dennoch in geringem Mafse der Fall fein follte, fo fchmilzt über erwärmten Räumen der abgelagerte Schnee bald ab.

5) Auch durch Staubablagerung tritt eine Verminderung der Raumerhellung ein. Je flacher die verglaste Lichtfläche gelegen ift, defto leichter wird fich Staub ablagern.

9. Mittelbare Erhellung.

Mittelbares Licht kann einem Raume entweder durch offene oder verglaste Wandöffnungen (Fenfter, Glasthüren etc.), welche in einen daran ftofsenden Raum münden, oder durch Glaswände, welche ihn von benachbarten Räumen trennen, oder durch Lichtöffnungen in feiner Decke zugeführt werden.

Blofs untergeordnete Räume und folche, in denen durch die Lichtöffnungen nicht auch der erforderliche Luftwechfel erzeugt werden foll, können durch mittelbares Licht erhellt werden. Für wichtigere Räume ift dies wohl nur in dem Falle als zuläffig zu erachten, wenn diefelben an gröfseren glasbedeckten Höfen gelegen find; alsdann kann man folchen Räumen durch ihre nach dem Hofe mündenden Fenfter wohl die nöthige Lichtmenge zuführen; allein den Zwecken der Lufterneuerung können derartige Fenfter nur in fehr unvollkommenem Mafse genügen.

Das Licht, welches durch fehr enge Lichthöfe, bezw. Lichtfchächte in die daran grenzenden Räume fällt, ift dem mittelbaren Lichte gleich zu achten.

10. Licht-öffnungen.

Die in Rede ſtehenden Lichtöffnungen werden in unſeren Klimaten nur ſehr ſelten ganz frei gelaſſen, ſondern faſt ausnahmslos durch eine Verglaſung — einfach oder doppelt — verſchloſſen.

Beim Durchgang des unmittelbaren Tageslichtes durch verglaste Lichtöffnungen wird die Intenſität des einfallenden Lichtes etwas herabgemindert; dieſer Verluſt beträgt:

bei einfachem Fenſterglas	4	Procent,
bei doppeltem Fenſterglas	9—13	»
bei 8 mm ſtarkem Spiegelglas	6—10	»
bei grünem und rothem Glas	80—90	»
bei orangefarbigem Glas	34	»
bei matt geſchliffenem Glas	30—66	»

Dieſe Zahlenangaben ſind in der unten genannten Quelle [6]) allerdings als für künſtliche Beleuchtung geltend mitgetheilt. Allein nach *Mohrmann*'s Verſuchen [7]) haben dieſelben auch für Tageslicht Giltigkeit, mit Ausnahme des für mattes Glas angegebenen Werthes, der im Durchſchnitt geringere Procentſätze ergab.

Nach *Mohrmann* kann für kräftig behandelte, vielfarbige Glasfenſter im mittelalterlichen Charakter bei Tageslicht ein durchſchnittlicher Verluſt von 50 bis 80 Procent in Rechnung geſtellt werden.

Bisweilen wählt man für die Lichtöffnungen Verglaſungen, welche auf das einfallende Tageslicht eine zerſtreuende Wirkung ausüben (auch das ſchon erwähnte matt geſchliffene Glas thut dies); in gleicher Weiſe wirken Oelpapier, gewöhnliches Papier, dünne Gewebe und andere durchſcheinende Körper. Beim Durchgang durch ſolche Körper erleidet das Sonnenlicht gleichfalls einen Verluſt; derſelbe beträgt nach *Mohrmann*'s Verſuchen [8]):

für klares Glas mit Rippen oder gepreſſter Muſterung .	10—20	Procent,
für Glas, ſehr matt geſchliffen, nur theilweiſe zerſtreuend	12	»
für Glas, ziemlich matt geſchliffen, faſt völlig zerſtreuend	20	»
für Glas, mittelſtark geſchliffen, völlig zerſtreuend . . .	25—30	»
für Glas, ſehr rauh geſchliffen, weiſs ausſehend . . .	30—50	»
für Milchglas, 2 bis 3 mm ſtark	50—80	»
für klares Oelpapier	15—30	»
für dünnes Briefpapier	50—70	»
für gewöhnliches Schreibpapier	75—90	»
für dicht gewebtes Leinen	50—95	»

Nach neueren, von *Herzberg* angeſtellten Verſuchen [9]) wurde der in Rede ſtehende Lichtverluſt ermittelt:

1) bei einfachem weiſsen rheiniſchen Doppelglas	zu	10	Procent,
2) bei einfachem dünnem Spiegelglas	»	10	»
3) bei unter 1 und 2 genannten Gläſern zuſammen, in 6 cm Abſtand in einen Rahmen geſpannt	»	21	»
4) bei einfachem mattem Glas (undurchſichtig, nur Licht durchlaſſend)	»	27	»
5) bei einfachem Kathedralglas von etwas grünlicher Färbung	»	12 2/3	»
6) bei einfachem Kathedralglas von weiſser Färbung . .	»	12 2/3	»
7) bei unter 1 und 6 genannten Gläſern zuſammen, in 6 cm Abſtand in einen Rahmen geſpannt	»	23	»

---

[6]) Nach: Deutſches Bauhandbuch. Bd. II, 1. Berlin 1880. S. 357.

[7]) Siehe: Mohrmann, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885. S. 19.

[8]) Siehe ebendaſ., S. 21.

[9]) Siehe: Geſundh.-Ing. 1889, S. 281 — und: Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1889, S. 502.

8) bei matter Glasfcheibe mit gemaltem Stern zufammen mit einer weifsen Dachfcheibe, letztere beftaubt (beide aus dem Deckenlicht eines in Benutzung befindlichen Saales); die Scheiben (der Wirklichkeit entfprechend) in $1,_6$ m Abftand von einander . . . . zu 60 Procent [10]),

9) bei neuer, nicht beftaubter, matter Glasfcheibe (ohne Stern) zufammen mit der beftaubten weifsen Glasfcheibe des vorigen Verfuches; die Scheiben in $1,_6$ m Abftand von einander . . . . » 40 »

In den nachftehenden Erörterungen wird unter »Lichtöffnung« oder »Lichtfläche« durchwegs der Flächeninhalt der Fenfter-, Decken-, bezw. Dachlichtöffnung, der verglasten Theile von Glasthüren, Glaswänden etc. — nach Abzug der Sproffen und aller fonftigen Conftructionstheile, welche den Lichteinfall hemmen — verftanden.

Eine grofse Lichtmenge verfchlucken meift die Fenfterfproffen, und zwar nach *Mohrmann* [11]):

bei eifernen Fenftern . . . . 5—10 Procent,
bei Bleiverglafung . . . . 10—25 »
bei den gewöhnlichen hölzernen Wohnhausfenftern 25—35 »

Die üblichen leichten Tüllvorhänge bewirken einen Lichtverluft von 15 bis 30 Procent und mehr; fie wirken auch etwas zerftreuend.

Auf Grund obiger Zahlenangaben wird für gewöhnliche Wohnhausfenfter mit einem Lichtverluft von ca. 50 Procent (5 Procent für das Glas, 30 Procent für die Sproffen und 25 Procent für die Vorhänge angenommen, giebt $100 \cdot 0,_{95} \cdot 0,_{70} \cdot 0,_{75} = 49,_9$) zu rechnen fein.

Von der Conftruction der die Lichtöffnungen bildenden Anlagen foll im vorliegenden Kapitel nicht die Rede fein, fondern nur von der Verforgung gefchloffener Räume mittels Sonnenlicht im Allgemeinen [12]). Ueber erftere ift in anderen Bänden des III. Theiles diefes »Handbuches« das Nöthige zu finden: bezüglich der Fenfter und damit verwandter Anlagen, fo wie der Glasthüren fei auf Band 3, Heft 3, bezüglich der Glaswände auf Band 2 und bezüglich der verglasten Decken und Dächer auf Band 3, Heft 1 u. 2, verwiefen.

11.
Wirkfamkeit des Sonnenlichtes.

Das zerftreute Sonnenlicht ift je nach dem Theile des Himmelsgewölbes, von welchem es ausftrahlt, verfchieden ftark (intenfiv). Es ift am wirkfamften, wenn es aus der Umgebung des augenblicklichen Sonnenftandes, am fchwächften, wenn es nahe am Horizonte ausftrahlt; das aus anderen Theilen des Himmelsgewölbes herrührende Sonnenlicht hat auch eine andere Intenfität. Für den Erhellungsgrad eines gefchloffenen Raumes ift fonach die Menge des unmittelbar einfallenden Himmelslichtes von wefentlichftem Einflufs. Auch das Licht, welches vom Reflex an den Wänden und an der Decke diefes Raumes, an gegenüber liegenden Gebäuden etc. herrührt, ift von Einflufs; doch kommt diefer erft in zweiter Linie. Solches Reflex-Licht ift namentlich für jene Theile des zu erhellenden Raumes von Wefenheit, welche weit vom Fenfter, bezw. von den anderweitigen Lichtöffnungen entfernt find. Derartiges Licht wird in den nachftehenden Unterfuchungen keine weitere Berückfichtigung finden.

---

10) Diefes Ergebnifs ift nicht ganz zuverläffig, weil der gemalte Stern der photometrifchen Meffung fehr hinderlich war.

11) A. a. O., S. 20.

12) Verf. wird dabei zum Theile einer Arbeit *F. v. Gruber*'s in: Arbeiten der hygienifchen Sectionen des VI. Internationalen Congreffes für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Anhang zum Thema XI. Wien 1888. S. 53 (auch abgedruckt in: Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261, 269, 277, 285) folgen; der Herr Urheber diefer Abhandlung hat deren Benutzung für den vorliegenden Zweck in fehr dankenswerther Weife geftattet.

Der Erhellungsgrad eines gefchloffenen Raumes ift aber auch noch von anderen, zum Theile zufälligen Einflüffen abhängig: vom geographifchen Breitengrad, von der Jahres- und Tageszeit, vom Grade der Bewölkung und der Feuchtigkeit der Luft etc. Man hat bis vor Kurzem angenommen, dafs diefe Einflüffe fo überwiegend find, dafs man die zuerft erwähnte Verfchiedenheit des Erhellungsgrades vernachläffigen könne. Indefs hat *Cohn* im Jahre 1885 durch photometrifche Beobachtungen nachgewiefen, dafs der füdliche und füdöftliche Himmel ftets einen ftärkeren Lichteffect giebt [13]).

Zur Erhellung eines im Freien befindlichen Flächenelementes trägt das ganze Himmelsgewölbe bei. Wenn fich hingegen diefes Flächenelement in einem gefchloffenen Raume befindet, fo trägt zu feiner Erhellung nur derjenige Theil des Himmelsgewölbes bei, von welchem Lichtftrahlen nach diefem Flächenelement gelangen können. Je nach der Gröfse diefes Theiles ift der Grad der Erhellung ein verfchiedener, und zwar ift er direct proportional der Gröfse jenes Firmamenttheiles, fobald das zu erhellende Flächenelement einer Ebene angehört, welche fenkrecht zum Axialftrahl des betreffenden Firmamenttheiles fteht. Schliefst die Ebene mit jenem Axialftrahl einen Winkel, der kleiner als 90 Grad ift, ein, fo ift die Erhellung eine geringere, und zwar nimmt fie mit dem Sinus diefes Winkels ab.

12.
Meter-Normalkerze.

Mittels der in Art. 3 (S. 6) vorgeführten Lichteinheiten läfft fich bei künftlicher Erhellung der Räume die Lichtmenge angeben, welche eine Lichtquelle ausftrahlt. Bei Erhellung mittels Sonnenlicht hat man hingegen nicht fo fehr die Lichtftärke anzugeben, welche von einem beftimmten Punkte des Himmelsgewölbes ausgeht, als vielmehr den Erhellungsgrad, welcher auf einem von diefem Punkte beleuchteten Körper hervorgebracht wird, mit anderen Worten: es handelt fich um die gefammte Wirkung aller auf ein beftimmtes Flächenelement unmittelbar oder durch Reflex gelangenden Lichtftrahlen des Himmelsgewölbes.

Diefe Wirkung vergleicht man defshalb nicht unmittelbar mit der Normalkerze (oder einer anderen Lichteinheit), fondern mit der Wirkung, welche die letztere in einem beftimmten Abftande auf das zu erhellende Flächenelement ausübt. Man nimmt als Abftand des letzteren von der Normalkerze 1 m an und nennt den fo erzeugten Erhellungsgrad eine Meter-Normalkerze oder kurzweg Meterkerze.

In unferen Breitengraden beträgt, wie photometrifche Unterfuchungen gezeigt haben, bei gleichmäfsig bedecktem Himmel an einem Wintertage, bezw. eine Stunde vor Sonnenuntergang an einem Sommertage, der Erhellungsgrad, welcher durch eine 1 qcm grofse Oeffnung auf einem um 1 m von derfelben entfernten Flächenelement erzeugt wird, 1/4 der Helligkeit einer Meter-Normalkerze, wenn die fog. deutfche Normalkerze (fiehe Art. 3, S. 6) zu Grunde gelegt wird.

13.
Erforderlicher Erhellungsgrad.

Der in einem gefchloffenen Raume erforderliche Erhellungsgrad ift, wenn nicht durch die Beftimmung des Raumes bereits anderweitig gegeben, vor Allem vom hygienifchen Standpunkte aus zu bemeffen. Es ift nicht Aufgabe des Architekten, den Erhellungsgrad, welchen der Menfch für einen beftimmten Zweck nothwendig hat, feft zu ftellen; dies ift die Aufgabe der Hygieniker, bezw. vor Allem der Augenärzte unter ihnen. Sache des Architekten ift es, den von letzteren im Verein

---

13) Siehe über diefen Gegenftand:
Cohn, H. Tageslicht-Meffungen in Schulen. Deutfche Medicin. Wochfchr. 1884, Nr. 38.
Weber, L. Intenfitäts-Meffungen des diffufen Tageslichtes. Annalen der Phyfik u. Chemie, Bd. 26 (1885), S. 374.

mit den Phyſikern angeſtellten Forſchungen zu folgen und dieſelben, ſo weit als thunlich, techniſch zu berückſichtigen.

Ueber den in den Innenräumen unſerer Gebäude erforderlichen Erhellungsgrad gehen die Anſichten ziemlich aus einander. Mehrere derſelben ſeien nachſtehend vorgeführt.

1) Eine vielfach benutzte Angabe iſt, daſs es in den meiſten Fällen genüge, wenn die Fenſterlichtfläche $^1/_7$ bis $^1/_5$ der Grundfläche des zu erhellenden Raumes beträgt, vorausgeſetzt daſs die Erhellung nicht durch Nachbargebäude beeinträchtigt wird.

2) Eine hiermit verwandte Beſtimmung enthalten die vom »Deutſchen Verein für öffentliche Geſundheitspflege« 1889 vorgeſchlagenen »Reichsgeſetzlichen Vorſchriften zum Schutz des geſunden Wohnens«; in §. 7 heiſst es: » . . . In jedem ſolchen (zum längeren Aufenthalt von Menſchen dienenden) Raume ſoll die lichtgebende Geſammtfläche der . . . Fenſter mindeſtens ein Zwölftel der Grundfläche betragen . . .«

Die Angaben unter 1 und 2 ſind ſchon um deſſentwillen unvollkommene, weil bei denſelben die Grundform des zu erhellenden Raumes (das Verhältniſs ſeiner Tiefe zur Länge), eben ſo die Lage und Form der Lichtöffnungen etc. nicht berückſichtigt iſt.

3) *Baumeiſter* macht[14]) die Gröſse der Fenſteröffnung vom körperlichen Inhalt des betreffenden Raumes abhängig. Danach ſollen »alle zum längeren Aufenthalte von Menſchen beſtimmten, d. h. bewohnten Räume (als Wohn- und Schlafzimmer, Arbeits- und Verſammlungs-Locale, Küchen) Fenſter erhalten, deren lichtgebende und zum Oeffnen eingerichtete Geſammtfläche mindeſtens 1 qm auf 30 cbm Rauminhalt beträgt.«

Dieſe Beſtimmung iſt dann von Bedeutung und deſshalb berückſichtigenswerth, wenn man die Fenſteröffnungen vor Allem als Mittel für die Lufterneuerung im betreffenden Raume betrachtet; vom Standpunkt der Erhellung dieſes Raumes zeigt ſie die gleichen Unvollkommenheiten, wie unter 1.

4) *Böckmann* leitet[15]) folgende Regel ab: »Als gut beleuchtet kann man die Räume bezeichnen, bei denen man, an die dem Fenſter entgegengeſetzte Wand gelehnt, noch den Himmel ſehen kann.«

Dieſe Regel nimmt zwar auf die Raumtiefe, in gewiſſem Sinne auch auf die Lage und Form der Fenſteröffnungen Rückſicht; allein der dadurch gegebene Maaſsſtab iſt um deſſentwillen nicht genügend ſicher, weil es ſich vor Allem darum handelt, ob der Theil des Himmelsgewölbes, den man ſehen kann, auch groſs genug iſt, um den für einen beſtimmten Zweck erforderlichen Erhellungsgrad zu erzielen.

5) *Javal* fordert — insbeſondere für Schulen — daſs jeder Platz unmittelbares Sonnenlicht erhalten müſſe. Hierdurch iſt aber noch nicht die Frage gelöst, wie viel von dieſem Lichte unbedingt nothwendig iſt.

6) *Mohrmann* verlangt[16]) für:

	mindeſtens
α) Untergeordnete Räume, deren Beleuchtung ein Leſen nur mit Mühe ermöglichen würde	1
β) Vorplätze, Treppenhäuſer etc.	5
γ) Arbeitsplätze für untergeordnete Arbeit in manchen Werkſtätten, Packräumen, Küchen etc.	15—20
δ) Arbeitsplätze, die Leſen und Schreiben ohne Anſtrengung zulaſſen	50—100
ε) Plätze für ſehr feine Arbeit, Zeichenpulte, Sammelkaſten in Muſeen, Wände der Gemälde-Galerien	200 u. mehr
	Meter-Normalkerzen.

Es wird noch gezeigt werden, daſs die unter δ und ε geſtellten Forderungen ziemlich hohe ſind.

Auſser dem hier maſsgebend geweſenen hygieniſchen Standpunkte können für den erforderlichen Erhellungsgrad eines Raumes auch äſthetiſche Rückſichten von Einfluſs ſein. Denn es ſteht keineswegs feſt, daſs die Innenräume unſerer Gebäude unter allen Umſtänden vollkommen gleichmäſsig erhellt ſein müſſen. Im Gegentheile, in dem Gegenſatz, welcher durch die Ungleichmäſsigkeit der Erhellung verſchiedener Theile eines und deſſelben Raumes erzeugt wird, liegt nicht ſelten ein Reiz, den

---

14) In: Normale Bauordnung nebſt Erläuterungen. Wiesbaden 1880. (§. 38).

15) In: Deutſches Bauhandbuch. Bd. II, Theil 2, S. 79.

16) In: MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885. S. 14.

die decorative Ausſtattung dieſes Raumes zur Geltung bringen kann, den aber keine Decoration hervorzurufen im Stande iſt. Dieſe — rein äſthetiſche — Seite der Erhellungsfrage kann hier weiter keine Berückſichtigung finden, obwohl die nachſtehenden Erörterungen zu derſelben in keinerlei Gegenſatz treten werden. Solche »behaglich« erhellte Räume pflegen in der Regel nur für den Aufenthalt weniger Perſonen beſtimmt zu ſein, und die geſundheitlichen Anforderungen ſind ſchon erfüllt, wenn bloſs die Arbeitsplätze dieſer Perſonen genügend ſtark beleuchtet ſind.

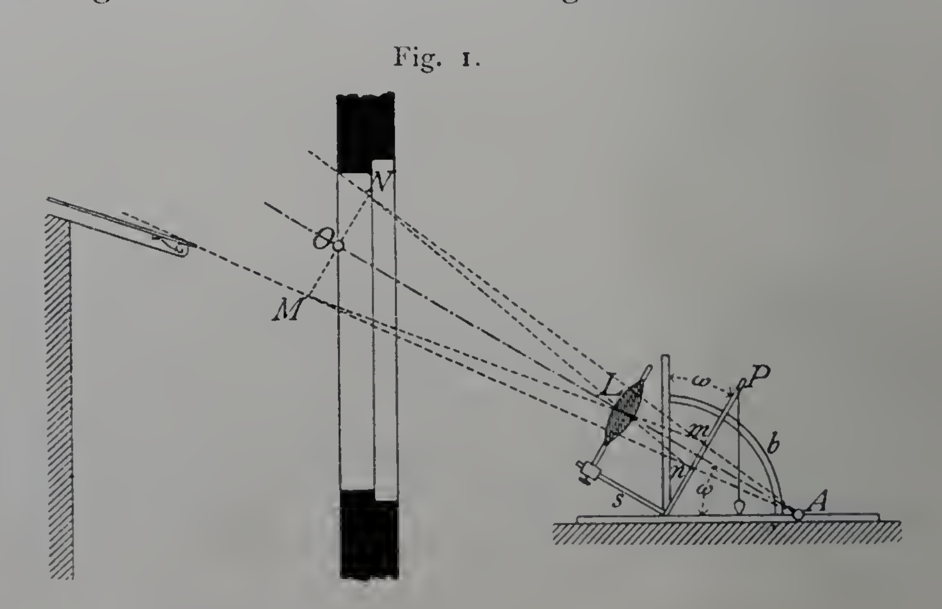
Auch ſo weit der beſondere Zweck eines Raumes ein beſonderes Maſs, bezw. eine beſondere Art der Erhellung bedingt, wie z. B. in Schulen, Muſeen, Ausſtellungsräumen, groſsen Sitzungsſälen etc., wird dieſer Gegenſtand von den nachfolgenden allgemeinen Erörterungen auszuſchlieſsen ſein; hiervon wird im IV. Theile dieſes »Handbuches«, bei Beſprechung der betreffenden Gebäudearten, im Beſonderen zu reden ſein.

14.
Raumwinkel
und
Raumwinkelmeſſer.

Um in zuverläſſiger Weiſe beſtimmte Angaben über den Erhellungsgrad machen zu können, ſtellte *Weber* den Begriff des ſog. »Raumwinkels« feſt und conſtruirte einen Raumwinkelmeſſer. Unter Raumwinkel hat man die körperliche Ecke zu verſtehen, die das geſammte Strahlenbüſchel umfaſst, welches von jenem Theile des Himmelsgewölbes, der von einem beſtimmten Punkte des zu erhellenden Raumes ſichtbar iſt, nach dieſem einfällt. Es handelt ſich nun darum, für dieſe körperliche Ecke ein geeignetes Maſs zu finden und eine Vorrichtung zu conſtruiren, mittels deren man den Raumwinkel leicht und bequem in dieſem Maſse meſſen kann. Hierzu dient *Weber*'s Raumwinkelmeſſer.

Man denke ſich das lichtausſtrahlende Himmelsgewölbe in Felder von der Gröſse eines noch feſt zu ſtellenden Quadratgrades getheilt; alsdann wird der Erhellungsgrad eines Platzes in dem zu erhellenden Raume der Anzahl der von letzterem aus ſichtbaren Quadratgrade proportional ſein. Es werden aber auch dieſe Quadratgrade ein z. B. in einer wagrechten Ebene gelegenes Flächenelement um ſo ſtärker erhellen, je höher ſie ſich über dem Horizonte befinden, d. i. je gröſser der Elevationswinkel der einzelnen Quadratgrade über dem Horizonte iſt. Der Raumwinkelmeſſer hat nun die Aufgabe, den Raumwinkel, d. i. die Gröſse des Firmamentfeldes, von welchem dem zu unterſuchenden Flächenelement *A* (Fig. 1) Lichtſtrahlen zugehen, in Quadratgraden zu beſtimmen und zugleich den Elevationswinkel ω des Axialſtrahls *AO* dieſes Lichtfeldes zu meſſen [17]).

Fig. 1.



Um dem erſtgedachten Zwecke zu dienen, beſitzt der Apparat (Fig. 1) eine Linſe *L*, welche das zu meſſende Bild des betreffenden Theiles des Himmelsgewölbes auf eine hinter derſelben ſtehende Platte *P* wirft, wobei jenes Bild ſo centrirt wird, daſs der axiale Lichtſtrahl *AO* ſenkrecht zu jener Platte gerichtet iſt. Auf der Platte *P* wird ein Blatt Papier befeſtigt, welches die Gradeintheilung trägt. Nach *Weber*'s

[17]) Ueber die Theorie dieſes Apparates ſiehe: WEBER, L. Beſchreibung eines Raumwinkelmeſſers. Zeitſchr. f. Inſtrumentenkunde, Jahrg. 4 (1884), S. 343.

Vorfchlag ift dies ein Quadratnetz von 2 mm Mafchenweite, fo dafs ein Quadratgrad 4 qmm mifft. Die Linfe ift auf einem fenkrecht zur Platte *P* ftehenden Stabe *s* verfchiebbar eingerichtet und wird fo fixirt, dafs auf dem Blatt ein fcharfes Bild entfteht. Hat fie nun eine folche Brennweite, dafs letzteres bei einem Abftande von 114,6 mm gefchieht, fo wird diefes Mafs als Halbmeffer einer Kugel erfcheinen, deren Oberflächenquadrat 2 mm Seitenlänge, d. i. 4 qmm Flächeninhalt hat.

Im Allgemeinen wird der in Frage kommende Theil des Himmelsgewölbes, in Folge der Form des betreffenden Fenfters oder der fonftigen Lichtöffnung, unregelmäfsig geftaltet, und defshalb wird auch das auf der Platte *P* entftehende Bild *mn* deffelben eine unregelmäfsige Geftalt haben. Ift das Papierblatt in die Platte eingeftellt worden, fo zeichnet man mit Bleiftift die Umriffe diefes Bildes und zählt hierauf die Zahl *z* der Quadrate, welche von demfelben eingenommen werden; alsdann ift der Raumwinkel unmittelbar in Quadratgraden beftimmt. Den mittleren Elevationswinkel ω liest man auf dem Gradbogen *b* ab, auf dem die Platte *P* geführt wird.

Kennt man nun die Gröfse *z* des Raumwinkels in Quadratgraden (zu 4 qmm) und den Elevationswinkel ω, fo beftimmt nach dem *Lambert*'fchen photometrifchen Grundgefetz das Product $z \sin \omega$ den auf eine wagrechte Ebene bezogenen Erhellungsgrad des unterfuchten Flächenelementes, welches Product *Weber* den reducirten Raumwinkel nennt.

Ift die Ebene, dem das betreffende Flächenelement angehört, nicht wagrecht, fondern um den Winkel α gegen die Wagrechte geneigt, fo mufs man den Elevationswinkel ω um diefen Winkel α (in der Richtung des Axialftrahls gemeffen) vermindern. Beträgt die Brennweite der Linfe nicht genau 114,6 mm, fo ift an der Zahl der Quadratgrade eine entfprechende Correctur vorzunehmen. Ift endlich das Lichtfeld fo grofs, dafs das ganze Bild deffelben bei einer Einftellung des Raumwinkelmeffers nicht fixirt werden kann, fo ift daffelbe durch mehrere einander ergänzende Einftellungen zu gewinnen.

Beim Gebrauche des Raumwinkelmeffers wird die Grundplatte *A* deffelben mit Hilfe der Fufsfchrauben und des Lothes, welches auf dem Nullpunkt des Gradbogens *b* einfpielen mufs, genau wagrecht geftellt. Auf der Platte *P* befindet fich ein kleiner Stift; damit man einen mittleren Werth des Elevationswinkels erhalte, hat man die Platte *P* fo weit zu drehen, bis das Bild des zu meffenden Firmamenttheiles möglichft gleichmäfsig um diefen Stift gruppirt ift, was mit Hilfe der Theilftriche auf dem Papier mit ausreichender Sicherheit abzufchätzen ift; eine an der Platte *P* angebrachte Marke giebt alsdann den mittleren Elevationswinkel ω.

15. Gröfse des erforderlichen Raumwinkels.

Es entfteht nun die Frage, wie grofs für irgend einen Punkt eines gefchloffenen Raumes der Raumwinkel fein mufs, damit der gewünfchte Erhellungsgrad vorhanden ift.

Cohn hat, im Jahre 1883 beginnend, zahlreiche Beobachtungen in alten und neuen Schulen Breslaus angeftellt[18]), und zwar ftets zwifchen 9 und 11 Uhr, während des Unterrichtes, an den hellften und dunkelften Schülerplätzen, fowohl an fehr hellen, als auch an fehr dunkeln Vormittagen. *Cohn* folgerte aus den Ergebniffen feiner Unterfuchungen, dafs 50 Meter-Normalkerzen der wünfchenswerthe Erhellungsgrad feien, und betrachtet 10 Meter-Normalkerzen als den geringften, noch zuläffigen Erhellungsgrad; bei letzterem beträgt die Lesbarkeit (der Schrift von *Snellen*) nur noch 3/4 der normalen.

Jenes Minimalmafs von 10 Meter-Normalkerzen entfpricht 50 reducirten Raumwinkelgraden, fo dafs *Cohn* daraus folgerte, dafs ein Platz zum Schreiben und Lefen ungeeignet fei, deffen Raumwinkel weniger als 50 reducirte Quadratgrade ergiebt. Dem wünfchenswerthen Erhellungsgrad von 50 Meter-Normalkerzen entfprechen 500 reducirte Raumwinkelgrade.

Wenn nun auch *Cohn*'s Unterfuchungen in Schulzimmern vorgenommen worden find und die Ergebniffe derfelben vor Allem für diefe Geltung haben, fo geht man

---

18) Siehe: COHN, H. Tageslicht-Meffungen in Schulen. Deutfche medicin. Wochfchr. 1884.

doch nicht wefentlich fehl, wenn man an jeden Arbeitsplatz, der ausreichend erhellt fein foll, die gleichen Mindeftanforderungen ftellt.

Man kann nun das von *Cohn* aufgeftellte Minimalmafs nicht als ein folches anfehen, welches an allen Orten und unter allen Verhältniffen abfolute Giltigkeit hat. Denn, wie fchon in Art. 11 (S. 12) gefagt wurde, wechfelt die Intenfität des zerftreuten Himmelslichtes mit der geographifchen Breite des Ortes und mit der Befchaffenheit der Luft (ob fie ganz rein ift oder ob fie viel Wafferdampf oder viel Rauch und Staubtheilchen enthält); felbft die Befchaffenheit, namentlich die Farbe der Umfaffungswände des betreffenden Raumes wird nicht ohne Einflufs fein. Alle diefe und manche andere Einflüffe werden fich in den Ergebniffen der photometrifchen Unterfuchungen zu erkennen geben, nicht aber in jenen der Raumwinkelmeffung; es ift fonach das Verhältnifs zwifchen diefen beiden Meffungsergebniffen kein überall gleiches, fo dafs an anderen Orten angeftellte Unterfuchungen erwünfcht fein würden. Immerhin wird man nicht fehlgehen, wenn man annimmt, dafs in unferen Breitegraden wefentliche Abweichungen von dem in Breslau ermittelten Erhellungsvermögen des Himmelsgewölbes nicht vorkommen werden.

Hieraus folgt, dafs man zunächft auf den Ergebniffen der *Cohn*'fchen Meffungen fufsen kann, und dafs man mit Hilfe des Principes, welches dem Raumwinkelmeffer zu Grunde liegt, Unterfuchungen über den Erhellungsgrad anzuftellen in der Lage ift.

Der Erhellungsgrad eines Punktes in einem gefchloffenen Raume wächst, dem Gefagten entfprechend, mit dem Producte $z \sin \omega$, d. h. unter gegebenen Verhältniffen wird man einen um fo gröfseren Erhellungsgrad erzielen, je gröfser diefes Product ift. Um letzteres möglichft grofs zu erhalten, wird man zunächft z thunlichft grofs zu wählen haben, was fich hauptfächlich durch die Abmeffungen, zum Theile auch durch die Form der Lichtöffnung erreichen läfft; allein auch für den Factor $\sin \omega$ oder, was daffelbe ift, für den Auffallwinkel ω wird ein möglichft grofser Werth anzuftreben fein, was dadurch erzielt werden kann, dafs man das Licht thunlichft hoch einfallen läfft.

Hieraus geht z. B. hervor, dafs bei feitlicher Beleuchtung durch gewöhnliche Fenfter nicht fo fehr die Breite der letzteren, als die Höhenlage des Sturzes über dem Fufsboden von wefentlichem Einflufs auf die Erhellung des Raumes ift; denn mit der Höhe des Fenfters wächst die Gröfse des Auffallwinkels ω und mit diefem der Sinus deffelben. Für einen beftimmten Arbeitsplatz wird fonach, unter fonft gleichen Verhältniffen, der Erhellungsgrad ein um fo gröfserer fein, je höher der Fenfterfturz gelegen ift, oder aber: um den noch zuläffigen geringften Erhellungsgrad für diefen Platz zu erzielen, wird die Fenfteröffnung um fo kleiner fein dürfen, je höher der Fenfterfturz angeordnet ift.

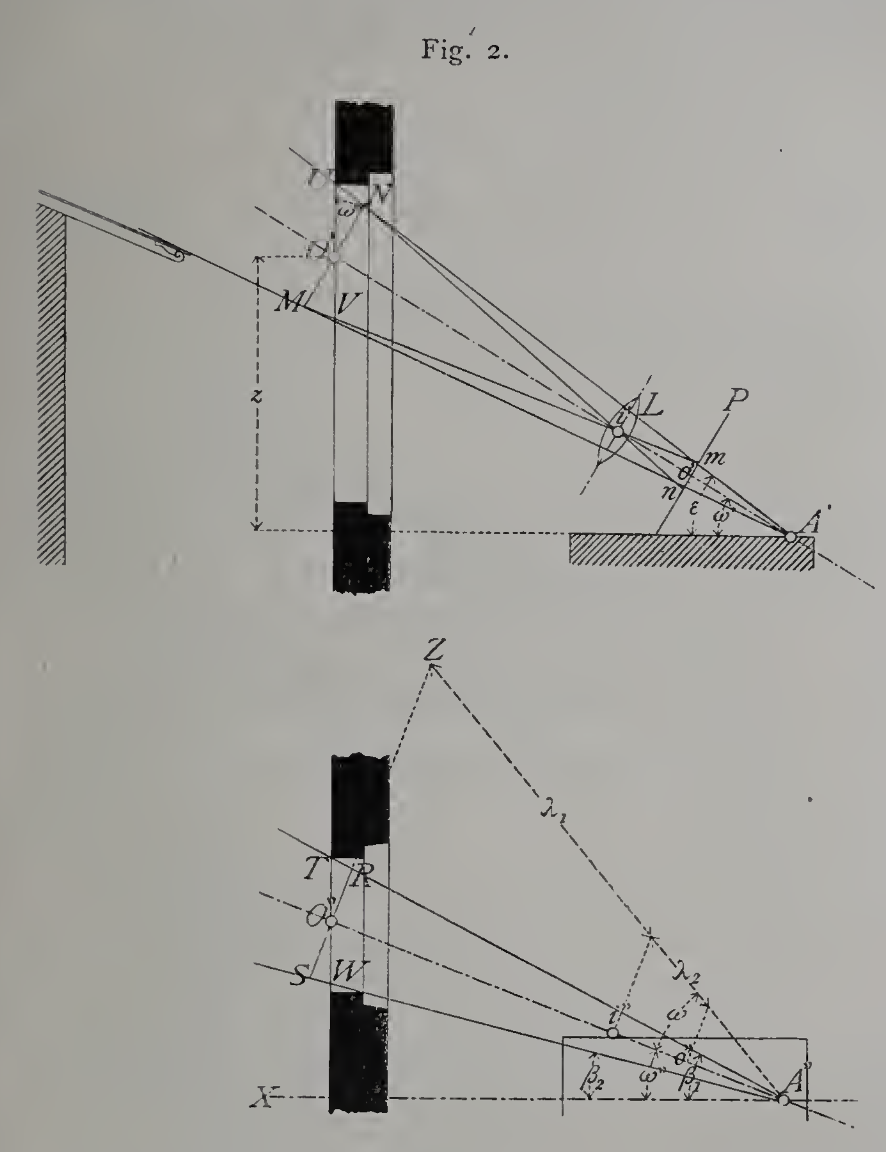
Hierdurch erhält man auch fofort die Begründung für die günftige Wirkfamkeit des hohen Seitenlichtes und findet es erklärt, dafs ein Raum durch hohes Seitenlicht ganz entfprechend erhellt ift, obwohl deffen Fenfterflächen nur $^1/_{12}$ feiner Grundfläche betragen (vergl. Art. 13, S. 13, unter 1 u. 2). Hierdurch erhält man auch Auffchlufs darüber, dafs Fenfter, welche nach oben rechteckig begrenzt find, unter fonft gleichen Verhältniffen für die Raumerhellung vortheilhafter wirken, als die mittels Rundbogen abgefchloffenen.

16.
Unterfuchung neu zu fchaffender Räume.

Der Raumwinkelmeffer ift nicht nur ein geeignetes Inftrument, um in bereits beftehenden Räumen den Erhellungsgrad zu prüfen; fondern das demfelben zu Grunde liegende Princip läfft fich auch zur Anwendung bringen, um bei projectirten Neubauten fich von vornherein über die Erhellungsverhältniffe der geplanten Räume Auffchlufs zu verfchaffen. Man kann in einfacher Weife beftimmen, wie grofs für eine beftimmte Stelle des zu fchaffenden Raumes die Fenfter- oder fonftige Lichtöffnung fein mufs, damit das Strahlenbündel des Himmelslichtes, welches auf jene Stelle erhellend wirken kann, einem reducirten Raumwinkel von beftimmter Mindeftgröfse (z. B. 50 reducirten Raumwinkelgraden) entfpricht.

Wenn für den Punkt A (Fig. 2) des zu schaffenden Raumes ein gewisser Erhellungsgrad erreicht werden soll, so nimmt man zunächst Form und Gröfse der betreffenden Lichtöffnung an. Man nimmt z. B. im Aufrifs die Höhenlage des Fensterfturzes U an, wodurch die am höchsten einfallenden Lichtstrahlen (der obere Grenzstrahl $A' U$) bestimmt sind. Ist durch gegenüber liegende Gebäude oder in anderer Weise auch nach unten die Gröfse des Firmamentfeldes, von dem aus Lichtstrahlen unmittelbar nach A gelangen können, begrenzt, so sind auch die am tiefsten einfallenden Lichtstrahlen (der untere Grenzstrahl $A' V$) bestimmt. Halbirt man den Winkel $U A' V$, den die beiden Grenzstrahlen mit einander einschliefsen und welchen *Förster*[19]) den Oeffnungswinkel genannt hat, so giebt die Halbirungslinie $A' O'$ annähernd die lothrechte Projection des Axialstrahls, und ω' ist der Winkel, den diese Strahlprojection mit der Wagrechten bildet.

Fig. 2.



Ist die Lage des unteren Grenzstrahles nicht ohne Weiteres gegeben, so nimmt man am besten zunächst den Winkel ω' an und zeichnet auf dieser Grundlage den Axialstrahl $A' O'$ und den unteren Grenzstrahl $A' V$ ein.

Bezeichnet man mit ε den Winkel, den die Aufrifs-Projection des oberen Grenzstrahls $A' U$ mit dem Horizont einschliefst, so ist der Oeffnungswinkel der beiden Grenzstrahlen $2(\varepsilon - \omega')$.

Die Platte P des Raumwinkelmessers steht senkrecht zur Richtung des Axialstrahls $A' O'$, und das darauf entstehende, im Aufrifs durch m und n begrenzte Bild entspricht nahezu einer durch O' gleichfalls senkrecht zum Axialstrahl gelegten (d. i. zu P parallelen) Ebene, in welcher die senkrecht zu $A' O'$ gezogene Gerade MN gelegen ist.

In gleicher Weise kann man auch im Grundrifs Form und Gröfse der Fensteröffnung annehmen und die beiden Grenzstrahlen $A'' T$ und $A'' W$ einzeichnen. Halbirt man den Winkel $T A'' W$, so erhält man wieder annähernd die wagrechte Projection $A'' O''$ des Axialstrahls und zugleich den Winkel ω'', den letztere mit der senkrecht zur Fensterwand gezogenen Geraden $A'' X$ bildet.

Sind bezw. β_1 und β_2 die Winkel, welche diese Gerade mit den beiden Grenzstrahlen $A'' T$ und $A'' W$ einschliefst, so ist der von letzteren gebildete Winkel $T A'' W = \beta_1 - \beta_2$ und $\omega'' = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$.

[19]) In: Einige Grundbedingungen für gute Tagesbeleuchtung in den Schulsälen. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1884, S. 420.

Mit Hilfe der beiden Projectionen des Axialſtrahls *A O* läſſt ſich der Elevationswinkel ω, den dieſer Strahl (im Raume) mit dem Horizont einſchlieſst, leicht ermitteln, und zwar eben ſowohl durch Conſtruction, wie durch Rechnung.

Durch Conſtruction iſt in Fig. 2, Grundriſs $\sphericalangle \omega$ gefunden worden, indem das rechtwinkelige $\triangle O'' Z A''$ eingezeichnet wurde, deſſen Kathete $O'' Z = z$ (gleich dem Höhenunterſchiede zwiſchen den beiden Punkten *A* und *O*) iſt. Auf dem Wege der Rechnung läſſt ſich $\sphericalangle \omega$ aus der Gleichung

$$\cos \omega = \frac{\overline{O'' A''}}{\sqrt{\overline{O'' A''}^2 + z^2}}$$

finden.

Allein auch die abſolute Länge *l* des Axialſtrahls *A O* kann aus denſelben Elementen gefunden werden.

Dieſelbe läſſt ſich entweder unmittelbar aus dem eben conſtruirten rechtwinkeligen Dreieck $O'' Z A''$ entnehmen, worin $A'' Z = l$ iſt, oder ſie läſſt ſich aus einer der beiden Gleichungen

$$l = \sqrt{\overline{A'' O''}^2 + z^2}, \text{ bezw. } l = \frac{O'' A''}{\cos \omega}$$

berechnen.

Zieht man nun im Grundriſs durch den Punkt O'' die Gerade *R S* ſenkrecht zu *A O*, ſo iſt letztere in derſelben, zum Axialſtrahl ſenkrecht geſtellten Ebene gelegen, wie *MN*. Durch dieſe Ebene und das ihr entſprechende, auf der Platte *P* erzeugte Bild ſind zwei Pyramiden beſtimmt, deren gemeinſame Spitze durch den optiſchen Mittelpunkt *i* der Linſe *L* des Raumwinkelmeſſers gegeben iſt. Die eine derſelben hat die durch die Punkte *M, N, R, S* begrenzte Ebene zur Grundfläche, die andere das derſelben auf der Platte *P* entſprechende Bild zur Grundfläche. Beide Pyramiden ſind einander ähnlich; daher verhalten ſich die Inhalte ihrer Grundflächen, wie die Quadrate ihrer Höhen, d. i. wie die Quadrate der betreffenden Theile des Axialſtrahls. Wenn man ſonach die Länge dieſes Strahls und eine der Pyramiden-Grundflächen kennt, ſo läſſt ſich daraus die andere berechnen. Mit anderen Worten: wurden Form und Gröſse der Lichtöffnung angenommen, ſo kann man die Gröſse des derſelben entſprechenden Bildes auf der Platte *P* berechnen und unterſuchen, ob die erforderliche Zahl von reducirten Raumwinkelgraden vorhanden iſt. Oder: iſt man von letzteren ausgegangen, ſo laſſen ſich die Abmeſſungen der erforderlichen Lichtöffnung ermitteln.

Es bezeichne *F* den Inhalt der durch die Punkte *M*, *N*, *R*, *S* begrenzten Pyramiden-Grundfläche, *f* den Flächeninhalt des ihr entſprechenden Bildes, ferner λ_1 und λ_2 bezw. die Höhen der beiden Pyramiden, ſo gilt die Proportion

$$F : f = \lambda_1^2 : \lambda_2^2.$$

Hierin iſt λ_2[20]) die Brennweite der Linſe *L*, welche beim *Weber*'ſchen Raumwinkelmeſſer (ſiehe Art. 14, S. 15) 0,1146 m beträgt; der Theil λ_1 des Axialſtrahls kann entweder berechnet oder auf dem Wege der Conſtruction gefunden werden[20]). Die Gröſse von *F* kann entweder aus Grund- und Aufriſs direct entnommen oder aus den angenommenen Abmeſſungen der Fenſteröffnung, welche den Flächeninhalt $\mathfrak{F}$ haben ſoll, berechnet werden[21]). Es iſt nun weiter zu erwägen, daſs die wirklich nutzbare Fläche der Fenſter-

---

20) Die dem Aufriſs unmittelbar zu entnehmenden Längen $O' i'$ und $i' o'$ ſind die Projectionen der Gröſsen λ_1 und λ_2. Um die abſoluten Längen derſelben zu finden, iſt entweder die im Grundriſs dargeſtellte Conſtruction vorzunehmen, oder es iſt nach den Gleichungen zu rechnen:

$$\lambda_1 = \frac{O'' i''}{\cos \omega} \quad \text{und} \quad \lambda_2 = \frac{i'' o''}{\cos \omega}.$$

21) Im $\triangle O' U N$ verhält ſich

$$\overline{O'N} : \overline{O'U} = \sin \sphericalangle O' U N : \sin \sphericalangle O' N U, \quad \text{oder} \quad \overline{O'N} : \overline{O'U} = \cos \varepsilon : \cos (\varepsilon - \omega'),$$

woraus

$$\overline{O'N} = \overline{O'M} = \frac{\overline{O' U} \cos \varepsilon}{\cos (\varepsilon - \omega')} \quad \text{und} \quad \overline{MN} = \overline{2 O' U} \frac{\cos \varepsilon}{\cos (\varepsilon - \omega')}.$$

In gleicher Weiſe läſſt ſich aus dem Grundriſs die Länge von *R S* berechnen, ſo daſs ſich alsdann der Inhalt der hier rechteckigen Pyramiden-Grundfläche *F* ermitteln läſſt.

öffnung — der Sproffen, der Verglafung etc. wegen (fiehe Art. 10, S. 10) — kleiner als $\mathfrak{F}$ ift, fo dafs in Folge diefes Lichtverluftes F auf F_0 entfprechend zu reduciren ift.

Alsdann ift aus obiger Proportion

$$f = \frac{0{,}1146^2 F_0}{\lambda_1} = 0{,}013 \frac{F_0}{\lambda_1},$$

und der reducirte Raumwinkel

$$f' = f \sin \omega$$

oder in *Weber*'fchen Quadratgraden ausgedrückt:

$$f' = \frac{f \sin \omega}{4 \text{ qmm}}.$$

Entfpricht der für den Punkt A fo gefundene Erhellungsgrad f' dem gewünfchten, bezw. erforderlichen, fo ift die Aufgabe gelöst; fonft mufs man auf Grund erneuter Annahmen (veränderter Form und Gröfse der Fenfteröffnung) die vorftehende Unterfuchung fo lange wiederholen, bis der beabfichtigte Erhellungsgrad, d. i. bis der beabfichtigte Werth von f' erreicht ift.

Fig. 3.

Ift der Elevationswinkel ω durch irgend welche Verhältniffe gegeben, bezw. zunächft angenommen worden, und geht man ferner von einem beftimmten Erhellungsgrad, d. i. von einem beftimmten Werthe des reducirten Raumwinkels f' aus, fo kann man umgekehrt die erforderlichen Abmeffungen der Fenfteröffnung ermitteln. Aus obiger Proportion folgt

$$F_0 = \frac{f \lambda_1^2}{0{,}1146^2} = 76{,}14 f \lambda_1^2.$$

Die Länge λ_1 kann nach Früherem aus dem Grundrifs entnommen oder berechnet werden, und für f ift der Werth aus der Gleichung

$$f = \frac{f'}{\sin \omega} = \frac{f'}{\sin \omega} 4 \text{ qmm}$$

zu benutzen.

Aus dem fo gefundenen Werthe von F_0 laffen fich Breite und Höhe der Fenfteröffnung ermitteln, fei es auf dem Wege der Conftruction oder der Rechnung [22]), und hiernach auch der erforderliche Flächeninhalt F_0 der Fenfteröffnung. Nunmehr ift, in Rückficht auf den Lichtverluft durch Sproffen, Verglafung etc., F_0 auf F zu vergröfsern, wodurch Form und Gröfse des betreffenden Fenfters vollftändig beftimmt find.

17. Beifpiel.

Die praktifche Anwendung des im vorhergehenden Artikel entwickel-

22) Ift z. B. im Aufrifs MN ermittelt, fo find die für die Fenfteröffnung mafsgebenden Höhen $O'U$ und $O'V$ zu berechnen. Aus der Gleichung für $O'N$ in der vorhergehenden Fufsnote folgt

$$\overline{O'U} = \frac{\overline{O'N} \cos(\varepsilon - \omega')}{\cos \varepsilon}.$$

Ferner verhält fich im $\triangle O'MV$

$$\overline{O'V} : \overline{O'M} = \sin \sphericalangle O'MV : \sin \sphericalangle O'VM, \quad \text{oder} \quad \overline{O'V} : \overline{O'N} = \cos(\varepsilon - \omega') : \cos(2\omega' - \varepsilon),$$

woraus

$$\overline{O'V} = \frac{\overline{O'N} \cos(\varepsilon - \omega')}{\cos(2\omega' - \varepsilon)}.$$

Eben fo laffen fich für den Grundrifs die Breiten $O''T$ und $O''W$ berechnen, fobald RS gegeben, bezw. ermittelt worden ift.

ten Verfahrens foll an einem von *v. Gruber* durchgeführten Beifpiele gezeigt werden.

v. Gruber unterfuchte [23]) u. A. die Erhellungsverhältniffe eines typifchen Volksfchulzimmers in Wien (Fig. 3). Daffelbe befitzt bei 56 Schülerplätzen 54,312 qm Grundfläche, d. i. 0,969 qm für jeden Schüler, und einen Rauminhalt von 215,076 cbm, d. i. 3,841 cbm für jeden Schüler; der gefammte Flächeninhalt der 3 Fenfter nimmt den 0,28-ften Theil der ganzen Fenfterwand ein, und es verhält fich erfterer zu letzterer wie 1 : 5,64.

Zuvörderft wurde einer der ungünftigften Plätze (*A*) geprüft, und zwar nur mit Rückficht auf das demfelben zunächft liegende Fenfter und bei Annahme von wagrechten, 71 cm über dem Fufsboden gelegenen Tifchplatten (Fall I); es ftellte fich heraus, dafs ein einzelnes Fenfter, felbft wenn feine ganze Fläche für den betreffenden Platz als Lichtöffnung dienen könnte, d. h. wenn dem Fenfter gegenüber bis zur Höhe der Tifchplatte keine das Himmelslicht abhaltende Wand vorhanden wäre, nicht genügen würde, um einen reducirten Raumwinkel von 50 Graden zu ergeben.

Die weiteren 3 Fälle, welche unterfucht wurden, und die Ergebniffe der Unterfuchung find fowohl aus Fig. 3, wie aus der nachftehenden Tabelle zu erfehen:

Fall	Annahmen:					Unterfuchter Platz	Winkel des unterften Grenzftrahls	Oeffnungswinkel	Höhe der Lichtöffnung	Reducirter Raumwinkel:			
	Pultfläche	Pulthöhe	Zimmerhöhe	Breite des Fenfters	Höhe des Fenfters		in der Aufrifs-Projection gemeffen			1tes Fenfter	2tes Fenfter	3tes Fenfter	zufammen
I	wagrecht	0,77	3,96	1,31	2,45	*A*	14° 8′	9° 21′	1,05	24,72	24,72	0,96	50,40
II	»	0,77	3,96	1,96	2,95	*A*	22° 6′	4° 14′	0,53	24,70	24,70	4,79	54,19
III	»	0,77	4,60	1,96	3,495	*A*	28° 1′	3° 5′	0,42	24,64	24,64	9,23	58,51
IV	in zur Vorderkante fenkrechter Richtung 11° 8′ gegen den Horizont geneigt	0,77	4,60	1,96	3,495	*B*	26° 16′	4° 5′	0,65	3,53	14,01	31,39	48,01
		Meter.							Meter.	reducirte Raumwinkelgrade.			

Daraus ift zu erkennen, welchen bedeutenden Einflufs die Vergröfserung der Fenfterbreite, befonders aber jene der Fenfterhöhe, auf die Erhellung der am meiften von der Fenfterwand entfernten Plätze bei Schulzimmern ausübt, die nicht eine vollkommen freie Lage haben. Je gröfser die Fenfterhöhe ift, defto kleiner braucht der Oeffnungswinkel *UA′ V* (Fig. 2) der beiden Grenzftrahlen zu fein, um eine ausreichende Raumwinkelgröfse zu erzielen.

Es ift ferner zu erfehen, dafs die Neigung der Pultfläche (Fall IV) einen nicht unwefentlichen Einflufs auf deren Erhellung ausübt und dafs fie daher auch ftets in Rechnung gezogen werden mufs, wenn man ficher fein will, dafs alle Plätze genügend Licht erhalten.

Literatur

über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht«.

On the admiffion on daylight into buildings, particularly in the narrow and confined localities of towns. Builder, Bd. 10, S. 363, 387.

PFEIFFER, C. *Light: Its fanitary influence and importance in building. Builder*, Bd. 35, S. 739.

MENTZ, R. Beitrag zur Frage der Beleuchtung durch Oberlicht und durch Seitenlicht, mit fpezieller Rückfichtnahme auf Oberlichtfäle und Seitenkabinette in Gemäldegalerien. Deutfche Bauz. 1884, S. 488, 499.

MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885.

[23]) A. a. O.

WEBER, L. Intenſitätsmeſſungen des diffuſen Tageslichtes. Annalen d. Phyſik u. Chemie, Bd. 26 (1885), S. 374.
TRÉLAT. *La fenêtre étudiée comme ſource de lumière dans la maiſon. Revue d'hyg.* 1886, S. 647.
Berichte über den VI. Internationalen Congreſs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Heft Nr. XI: Mittel, die Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme zu verſorgen. Wien 1887.
MENTZ. Berechnung der Tages-Beleuchtung innerer Räume und Maaſsſtäbe dazu. Deutſche Bauz. 1887, S. 257.
GRUBER, F. v. Die Verſorgung der Gebäude mit Sonnenwärme und Sonnenlicht. Wochſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261, 269, 277, 285.

---

2. Kapitel.

Verſorgung der Gebäude mit Sonnenwärme.

18. Allgemeines.

Die Sonnenſtrahlen ſind für unſere Bauwerke nicht allein als Quelle der Tageserhellung von Bedeutung; vielmehr üben ſie auf dieſelben noch eine Reihe von anderen Einflüſſen aus, von denen die Einwirkung der Sonnenwärme am wichtigſten iſt. Bei unſeren Wohnungen, bei Krankenſälen, bei Caſernenräumen etc. ſucht man weit mehr die Wärme der Sonnenſtrahlen, als deren Licht; das letztere geht den Räumen ohnedies durch die Diffuſion der Atmoſphäre zu, auch wenn die unmittelbare Beſtrahlung abgewendet wird; derlei Räume entbehren aber der ſtrahlenden Wärme gänzlich, ſobald ſie der unmittelbaren Beſonnung völlig entzogen ſind.

Für die Zwecke des Wohnens, für Räume, die zum Aufenthalt von Kranken, Gefangenen, Soldaten etc. dienen ſollen, ſucht man ſonnige Räume, während diejenigen, deren Beſchäftigung beſonders helles und ſtändiges Tageslicht verlangt (wie Maler, Zeichner, Bildhauer etc.), mit ihren Arbeitsräumen den unmittelbaren Sonnenſtrahl geradezu fliehen. In der erſtgedachten Gattung von Räumen wird unmittelbar einfallendes Sonnenlicht ſeiner Wärmeſtrahlung wegen angeſtrebt; die unmittelbaren Lichtſtrahlen hingegen beſtrebt man ſich — zur Schonung der Sehorgane — möglichſt abzuhalten.

Das Geſagte gilt hauptſächlich für die klimatiſchen Verhältniſſe der gemäſsigten, wohl auch der kälteren Zonen; anders iſt es in heiſseren Gegenden. Der Südländer baut ſein Haus zum Schutze gegen die Sonne, weil er den gröſseren Theil des Jahres von einer ſtarken Sonnenbeſtrahlung zu leiden hat; der Nordländer befindet ſich im umgekehrten Falle und ſucht in den höchſten Breitengraden durch Eingraben in den Boden die Erdwärme auszunutzen, während der Bewohner der gemäſsigten Erdſtriche vor Allem der Sonnenwärme zuſtrebt. Schon die Baumeiſter des Alterthums haben auf dieſe Verhältniſſe Rückſicht genommen: je nach dem Zwecke der von ihnen errichteten Bauten ſetzten ſie dieſelben entweder der Einwirkung der Sonnenſtrahlen aus oder ſchützten ſie davor.

19. Einfluſs der Beſonnung.

Der Einfluſs der Beſtrahlung unſerer Gebäude durch die Sonne — der ſog. Inſolation — iſt ein vielfacher:

1) Der Einfluſs, den die Sonne auf den menſchlichen Organismus ausübt, iſt im Allgemeinen ein fördernder und günſtiger. Nach *Clément*[24]) iſt die Summe von Energie, welche der Erde in den leuchtenden, wärmenden und chemiſchen Strahlen

---

[24]) Siehe: VI. Internationaler Congreſs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygieniſchen Sectionen. Heft Nr. XI. Wien 1887.

der Sonne zugeführt wird, die Quelle der Kraft aller organifchen Wefen, alfo auch des Menfchen.

2) Im Dunkeln fcheidet der menfchliche Organismus weniger Kohlenfäure aus, als im Licht, was den Stoffwechfel vermindert und felbft mit Gewichtszunahme verbunden ift, indefs nicht als ein Beweis gedeihlicher Abwickelung des Lebensproceffes bezeichnet werden kann.

3) Die Wärmeftrahlen der Sonne wirken trocknend auf die Umfchliefsungen der betreffenden Räume. Schlagregen, welche ein Gebäude treffen, dunften viel rafcher von befonnten Flächen ab, als von den Schattenfeiten, welche überdies mit ihrem Fufse noch längere Zeit in Schnee, Eis und Oberflächenwaffer eintauchen. Auch die Bodenfeuchtigkeit, welche in den Wänden emporfteigt, wird in befonnten Wänden rafcher unfchädlich gemacht, als in befchatteten.

4) Durch die Erfahrung fowohl, wie durch genaue Meffungen ift erhärtet, dafs ein von der Sonne befchienener Raum unter fonft gleichen Verhältniffen eine beffere Luftbefchaffenheit aufweist, als ein nicht unmittelbar beftrahlter, dunkler.

Hierbei fpielt unter allen Umftänden die eben erwähnte Austrocknung der Wände und die dadurch geförderte Lufterneuerung eine Hauptrolle. Allein auch die chemifchen Lichtftrahlen wirken auf die leicht zerfetzbaren, gas- und dunftförmigen, fo wie auf die feften Ausfcheidungsftoffe, welche der Menfch durch den Lebensprocefs an die Luft abgiebt, derart ein, dafs die letztere rafcher gereinigt wird. Es ift ferner ziemlich wahrfcheinlich, dafs die phyfiologifchen Vorgänge des menfchlichen Körpers von der unmittelbaren Wirkung des Lichtes abhängen und dafs die Gröfse diefer Wirkung von der Menge der auf jenen einwirkenden chemifchen Strahlen abhänge.

5) Gewiffe Mikro-Organismen, namentlich auch folche, welche die Träger der Infections-Krankheiten bilden, fterben nach *Duclaux*' Unterfuchungen[25]) unter dem Einfluffe des unmittelbaren Sonnenlichtes rafcher ab, als im Dunkeln.

6) Endlich ift noch der Einflufs der Sonnenftrahlen auf die Gemüthsftimmung des Menfchen hervorzuheben: fonnenklare Tage wirken anders als trübe, helle Räume anders als dunkle auf das menfchliche Gemüth, haben alfo auch auf das körperliche Befinden Einflufs.

20. Stellung der Räume.

Hiernach ift der wohlthätige Einflufs der Befonnung auf die in unferen Gebäuden zu fchaffenden Räume nicht zu bezweifeln; fraglich kann nur fein, in welchem Mafse wir diefelben ausnutzen können, bezw. follen.

Das einzige Mittel, die Wirkung der Sonnenftrahlen für unfere Räume auszunutzen oder diefelben von den letzteren abzuhalten, befteht in der richtigen Orientirung diefer Räume, d. i. in der Wahl der geeignetften Lage zu den Himmelsrichtungen. Es werden fich demnach die nachfolgenden Unterfuchungen nur um die Frage drehen können, welche Stellung wir unferen Gebäuden, welche Lage wir den darin befindlichen Räumen im Allgemeinen zu geben haben, damit ihnen die Sonnenwärme entweder in weit gehendfter Weife zu Gute komme oder damit fie derfelben thunlichft entzogen feien. Die fpecielle Nutzanwendung der zu entwickelnden Regeln auf die Anlage der Gebäude wird zum Theile in Halbband 1 des IV. Theiles diefes »Handbuches« vorzunehmen fein; im Befonderen wird dies hauptfächlich bei Befprechung der einzelnen Gebäudearten (in den übrigen Halbbänden des genannten Theiles) mit Rückficht auf die jeweilige Eigenart der zu fchaffenden Räume zu gefchehen haben. Auch die Frage der Orientirung der ftädtifchen Strafsen und ihrer

---

25) Siehe: *Comptes rendus*, Bd. 101 u. 102.

Breite ſteht mit den nachſtehenden Unterſuchungen in gewiſſem Zuſammenhang; hiervon wird in Ergänzungsband 1 zu dieſem »Handbuche« (Städtebau) die Rede ſein.

21. Inſolations-Verhältniſſe.

Ueber die durch die Beſonnung unſerer Gebäude hervorgerufenen Einwirkungen ſind bisher verhältniſsmäſsig wenige wiſſenſchaftliche Unterſuchungen angeſtellt worden. Zuerſt ſcheint es *Knauff* geweſen zu ſein, der aus beſtimmtem Anlaſs [26]) ſich, unter Beihilfe *Valentiner*'s, mit dieſer Frage befaſſt hat; bald darauf und unabhängig von *Knauff* hat *Vogt* denſelben Gegenſtand theoretiſch und experimentell behandelt. Im Nachſtehenden werden zunächſt die *Knauff*'ſchen Unterſuchungen vorgeführt werden, und zwar hauptſächlich auf Grund der von *v. Gruber* in der unten genannten Quelle [27]) gegebenen Entwickelung. Später wird auch noch der *Vogt*'ſchen Arbeiten gedacht werden.

Knauff berechnete zunächſt, auf *Pouillet*'s Angaben ſich ſtützend, die Wärmemenge, welche durch die unmittelbare Einwirkung der Sonnenſtrahlen auf die vier Seitenflächen eines Würfels von 1 m Seitenlänge zugeführt wird; dabei wurde vorausgeſetzt, daſs der Würfel unter 49 Grad nördlicher Breite aufgeſtellt ſei, daſs ſeine Seitenflächen genau nach Nord, Oſt, Süd und Weſt gerichtet ſeien und daſs die Sonnenwärme bei freiem Horizont und bei vollkommen klarer Atmoſphäre zugeführt werden könnte.

Bei der Berechnung wurde berückſichtigt, daſs die Wirkung der Wärmeſtrahlen nicht allein nach deren Einfallswinkel ſehr bedeutend wechſelt, ſondern daſs auch der Wärmeverluſt ein um ſo bedeutenderer ſein muſs, je gröſser die Luftſchicht iſt, welche die Strahlen zu paſſiren haben, bis ſie zur Erdoberfläche gelangen. Ferner wurde die Beſtrahlung der oberen Würfelfläche unberückſichtigt gelaſſen, weil *Knauff* einen Saal zu Grunde legte, über deſſen wagrechter Balkendecke ſich das Dach erhebt; hierdurch iſt über der Decke eine iſolirende Luftſchicht gebildet, welche die Einwirkung der Sonnenſtrahlen weſentlich verringert.

Die Berechnung geſchah für die vier hervortretenden Tage des Jahres: für die beiden Tage der Tag- und Nachtgleiche (Aequinoctien) und für die beiden Tage der Sonnenwende (Solſtitien); die Ergebniſſe derſelben ſind in nachfolgender Tabelle zuſammengeſtellt:

Unter. 49 Grad nördlicher Breite. — Am Tage der:	An der			Verhältniſs zwiſchen Südſeite zu Oſt (oder Weſt)-ſeite
	Oſt- oder Weſtſeite je	Südſeite	Nordſeite	
Sommer-Sonnenwende	2600,57	1904,364	467,686	1 : 1,368
Tag- und Nachtgleichen	1534,17	3375,256	—	1 : 0,4564
Winter-Sonnenwende	358,24	1965,750	—	1 : 0,183
	Wärmeeinheiten.			

Dieſe Zuſammenſtellung zeigt, daſs die Oſt- und die Weſtſeite zur Zeit der Sommer-Sonnenwende das Uebergewicht haben, nicht nur gegen die Südſeite allein, ſondern auch gegenüber der Süd- und Nordſeite zuſammengenommen. Hingegen iſt bereits zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche die Südſeite im Uebergewicht; in noch höherem Maſse iſt dies am Tage der Winter-Sonnenwende der Fall.

26) Bei den Vorarbeiten für den Bau des akademiſchen Krankenhauſes zu Heidelberg. — Siehe hierüber: Knauff, F. Das neue academiſche Krankenhaus in Heidelberg. München 1879. S. 6 u. ff.

27) VI. Internationaler Congreſs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygieniſchen Sectionen. Ergänzungen zu den Heften 1—18, 20, 21 u. 33. Anhang zum Thema XI. Wien 1888. S. 57 u. ff. (Auch abgedruckt in: Wochſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261.)

Des Weiteren berechnete *Knauff* die geſammte Beſonnungswärme, welche dem gedachten Würfel bei reiner Atmoſphäre zugeführt werden könnte, in den vier Zeitabſchnitten, wie ſie ſich für die klimatiſchen Verhältniſſe des oberen Rheinthales (nach den meteorologiſchen Beobachtungen zu Karlsruhe) herausſtellen. Die Ergebniſſe dieſer Rechnung ſind aus nachſtehender Tabelle zu erſehen:

Zeitabſchnitt:	Dauer	Oſt- oder Weſtſeite ($O.$ oder $W.$)	Südſeite ($S.$)	Nordſeite ($N.$)
Heiſse Jahreszeit (vom 22. Juni bis 26. Auguſt)	66	146 065 $\left(+ 55\,776 \text{ als } \frac{S+N}{2}\right)$	180 577	
Herbſt-Uebergangszeit (vom 27. Auguſt bis 1. October)	35	58 038 $\left(+ 1087 \text{ als } \frac{S+N}{2}\right)$	113 901	
Heiz-Periode (vom 2. October bis 15. Mai)	227	257 310	622 003 (+ 365 693)	—
Frühlings-Uebergangszeit (vom 16. Mai bis 21. Juni)	36	87 027	92 593 (+ 5512)	—
Heiz- und Frühlings-Periode zuſammen	263	344 337	714 596 (+ 371 205)	—
	Tage.	Wärmeeinheiten.		

Die in dieſer Zuſammenſtellung mitgetheilten Zahlen ſind nicht ohne Weiteres anwendbar, weil zwar in der Rechnung einige Abſchwächungen der Strahlenwärme berückſichtigt, allein die weſentlichen Abſchwächungen, welche die Sonnenſtrahlen erfahren, bevor ſie in das Innere unſerer Gebäude gelangen, zunächſt vernachläſſigt wurden. Eine der wichtigſten Abſchwächungen erfahren die Sonnenſtrahlen durch die Bewölkung des Himmels, durch welche für längere Zeitabſchnitte des Jahres die Klarheit des Himmels zum Theile bedeutend eingeſchränkt, zum Theile ganz aufgehoben wird. *Knauff* glaubt nun der Wirklichkeit ziemlich nahe zu kommen, wenn er die berechneten Vollwerthe der Beſtrahlung im Verhältniſſe der Bewölkung herabmindert. Wenn wieder die Karlsruher Verhältniſſe zu Grunde gelegt werden, ſo ergeben ſich für die verſchiedenen Zeitabſchnitte, wenn man die durch die Bewölkung hervorgerufenen Verluſte in Abzug bringt, die in folgender Tabelle zuſammengeſtellten Reſte an Strahlungswärme für die einzelnen Würfelſeiten:

Zeitabſchnitt:	Verluſt durch Bewölkung	Oſt- oder Weſtſeite ($O.$ oder $W.$)	Südſeite ($S.$)	Nordſeite ($N.$)
Vom 22. Juni bis 26. Auguſt	49	74 493 $\left(+ 28\,446 \text{ als } \frac{S+N}{2}\right)$	92 094	
» 27. Auguſt bis 1. October	44	32 501 $\left(+ 609 \text{ als } \frac{S+N}{2}\right)$	—	
» 2. October bis 15. Mai	68	82 339	199 041 (+ 116 702)	—
» 16. Mai bis 21. Juni	62	33 070	35 165 (+ 2095)	—
Vom 2. October bis 21. Juni	—	115 409	234 206 (+ 118 797)	—
	Proc.	Wärmeeinheiten.		

Ein weiterer Verluſt an Strahlungswärme entſteht beim Durchgange der Sonnenſtrahlen durch die Raumumſchlieſsungen und durch die darin angebrachten Fenſter.

Durch die ersteren wird in den meisten Fällen nur ein sehr geringer Theil der Wärmestrahlen, welche auf ihre Aussenflächen auffallen, nach innen übertragen; der Verlust wird je nach Material und Construction der betreffenden Mauern oder sonstigen Wände und je nach ihrem Trockenheitsgrade ziemlich verschieden sein; indess fehlen hierüber zuverlässige Zahlenangaben. Durch die Fenster gehen die leuchtenden Wärmestrahlen ungeschwächt durch; die dunkeln hingegen werden zum grössten Theile zurückgehalten; doch erwärmen letztere das Glas, und die von diesem aufgenommene Wärme wird zum Theile an die Innenluft des betreffenden Raumes abgegeben.

Auf einschlägigen Beobachtungen und Rechnungen fussend, nimmt *Knauff* an, dass bei mittelgrossen Gebäuden gewöhnlicher Bauart etwa ein Fünftel der gesammten, an die Raumumschliessungen (einschl. der Fenster) gelangenden Strahlungswärme auf das Innere übergeht. Berücksichtigt man nun auch noch den eben besprochenen, durch die Bewölkung erzeugten Verlust, so beträgt der Antheil der Strahlungswärme, welcher thatsächlich nach innen abgegeben wird, für 1 qm etwa ein Zwölftel der in der Tabelle auf S. 24 angegebenen Werthe.

Der nicht unbeträchtliche Wärmeantheil, welcher zwar in die Aussenschichten der Umfassungswände eindringt, aber im Inneren nicht fühlbar wird, bringt zu einem Theile die Verdunstung der Mauerfeuchtigkeit hervor, trägt sonach zum Austrocknen der Umfassungswände bei; zum anderen Theile wird die von letzteren aufgenommene Wärme, sobald die Besonnung aufgehört hat, wieder an die umgebende Aussenluft abgegeben.

22.
Folgerungen.

Aus den vorstehenden Untersuchungen lassen sich die folgenden Ergebnisse ableiten.

1) Soll für einen Raum — in Rücksicht auf seine Bestimmung — die Sonnenwärme möglichst weit gehend ausgenutzt werden, so ist es am vortheilhaftesten, wenn er nach allen vier Himmelsrichtungen frei steht und in jeder der Umfassungsmauern Fenster erhält. Allerdings wird an der Nordseite (siehe die Tabelle auf S. 23) nur um die Zeit der Sommer-Sonnenwende die Sonnenbestrahlung sich fühlbar machen, immerhin aber in nicht unbedeutender Weise.

In der Praxis wird hiervon verhältnissmässig nur selten Anwendung gemacht werden können, da man Räume in nur wenigen Fällen nach allen vier Seiten frei stellen kann.

2) Ist ein Raum zu schaffen, der nach drei Seiten frei steht und soll auch für diesen die Einwirkung der Sonnenwärme thunlichst nutzbar gemacht werden, so lasse man seine nach Norden gerichtete Umschliessungswand an die benachbarten Gebäudetheile stossen und ordne in jeder der drei anderen Wände Fenster an. Hat man bezüglich der Abmessungen dieses Raumes eine gewisse Wahl, so trachte man aus Gründen, die unter 3 erörtert werden sollen, die Abmessung von Ost nach West thunlichst lang zu machen.

3) Wenn ein Raum nur an zwei gegenüber liegenden Seiten frei steht, wenn er also durch die ganze Gebäudetiefe hindurchgeht, und wenn in demselben möglichst viel Sonnenwärme erwünscht ist, so wird man ihn naturgemäss an diesen beiden (in der Regel Lang-) Seiten mit Fenstern versehen. Es entsteht jedoch die Frage, ob man den Raum so zu stellen hat, dass die Fenster nach Nord und Süd, oder in solcher Weise, dass sie nach Ost und West gerichtet sind; mit anderen Worten: ist die Längsaxe des Raumes ost-westlich oder nord-südlich zu stellen?

Fasst man zur Beantwortung dieser Frage die Ergebnisse der im vorhergehenden

Artikel vorgeführten Unterfuchungen zufammen, fo laffen fich diefelben [28]) für Orte, die zwifchen 40 und 60 Grad nördlicher Breite gelegen find, in folgenden zwei Punkten feft ftellen:

α) Bei nord-füdlicher Axenftellung erhält der Raum im Laufe eines Jahres mehr Sonnenftrahlungswärme, als bei oft-weftlicher Axenftellung, und zwar im Verhältnifs von etwa 11 : 10. Indefs kommt diefes Mehr an Wärme nur in der warmen Jahreszeit zur Wirkung, ift fonach kein eigentlicher Gewinn.

β) Wenn hingegen die Axe des Raumes von Oft nach Weft gerichtet ift, fo erhält er während der ganzen Dauer der kühlen und kalten Jahreszeit (d. i. während der Zeit des Heizens [29]) eine abfolut gröfsere Menge von Sonnenftrahlungswärme, als bei nord-füdlicher Axenftellung, und zwar im Verhältnifs von etwa 6 : 5.

Hieraus geht ohne Weiteres hervor, dafs in den genannten Breitegraden die in Rede ftehenden Räume mit ihrer Längsaxe von Oft nach Weft zu ftellen, dafs alfo ihre beiden Fenfterwände nach Nord und Süd zu richten find, fobald es auf eine thunlichft zweckentfprechende Ausnutzung der Infolation ankommt. Denn wenn auch bei nord-füdlicher Axenftellung für das ganze Jahr eine gröfsere Gefammtwärme zu erzielen ift, fo ift das erzielte Mehr vom gefundheitlichen Standpunkte werthlos. Die Sonnenwärme ift von diefem Gefichtspunkte aus nur in der kühlen und kalten Jahreszeit, welche in den gedachten Breitegraden ca. 3/5 des Jahres andauert, von Werth; im Hochfommer hingegen erreicht die äufsere Temperatur fchon eine folche Höhe, dafs man es als einen Vortheil anfehen mufs, wenn den Innenräumen durch die Sonnenftrahlen möglichft wenig Wärme zugeführt wird. Mit anderen Worten: bei oft-weftlicher Axenftellung wird der Raum im Sommer von der Sonne weniger, im Winter mehr erwärmt, als bei nord-füdlicher Stellung.

Bei oft-weftlicher Stellung der Raumaxe erreicht man auch noch den weiteren Vortheil, dafs die fonft von Often und Weften während des ganzen Jahres flach einfallenden Morgen- und Abendftrahlen gänzlich vermieden werden; diefe Strahlen wirken auf das menfchliche Auge läftig und unangenehm und müffen meift durch Vorhänge etc. abgeblendet werden, fo dafs im Winter ihr wärmender Einflufs ohnedies verloren geht.

Vogt gelangte bei feinen, in Art. 21 (S. 23) bereits erwähnten Unterfuchungen [30]) bezüglich der in Rede ftehenden Räume zu dem gerade entgegengefetzten Ergebnifs; nach denfelben ift die nord-füdliche Axenftellung der oft-weftlichen vorzuziehen, fo dafs die Fenfter nach Oft und Weft zu richten fein würden. Es würde hier zu weit führen, die Unrichtigkeiten in den *Vogt*'fchen Arbeiten nachzuweifen; es ift dies durch *v. Gruber* [31]) gefchehen und kann in deffen Schrift nachgefehen werden. Es werden fonach die oben entwickelten Schlufsfolgerungen durch die *Vogt*'fchen Unterfuchungen nicht widerlegt.

4) Kann ein Raum nur in einer Umfchliefsungswand Fenfter erhalten, fo wird die Einwirkung der Strahlungswärme der Sonne dann am meiften ausgenutzt, wenn man die Fenfterwand nach Süden richtet.

Defshalb hält man vom gefundheitlichen Standpunkte aus für unfere Wohnungen vielfach die Südfeite für die angenehmfte und gefundefte. In der That zeichnen fich die nach Süden gelegenen Zimmer vor den anderen in mancherlei Beziehung aus. Sie erhalten während des ganzen Jahres reichliches, ftrahlendes

---

[28]) Nach: Knauff, a. a. O., S. 23.

[29]) Welche im Gebiet des Oberrheins (fiehe die Tabelle auf S. 24) 227 Tage andauert.

[30]) Vogt, A. Ueber die Richtung ftädtifcher Strafsen nach der Himmelsgegend und das Verhältnifs ihrer Breite zur Häuferhöhe etc. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 319 — und: Refultate von Verfuchen über die Einwirkung der Wärmeftrahlen der Sonne auf die Hauswandungen. Ebendaf., S. 605.

[31]) A. a. O.

Sonnenlicht, insbefondere während der kalten und Uebergangszeit; die wohlthuende Wärme der Sonnenftrahlen kommt gerade in diefer Jahreszeit in folchen Räumen ganz befonders zur Wirkung. Im Sommer find Südzimmer zwar wärmer, als die nach Norden und Often, aber kühler als die nach Weften gelegenen; allein auch während der gröfsten Hitze find fie mit verhältnifsmäfsig einfachen Mitteln bei leidlicher Temperatur zu erhalten; die Luft bleibt während des ganzen Jahres viel leichter rein und frifch; dumpfer, kelleriger Geruch und feuchte Wände find am feltenften [32]).

5) Sollen Räume, die gleichfalls nur in einer Umfchliefsungswand Fenfter erhalten können, bezw. follen, der unmittelbaren Wirkung der Sonnenftrahlung entzogen werden, fo find diefe Fenfter nach Norden zu richten. Daher wird für Zeichen- und Modellir-Säle, für Arbeitsftätten von Malern, Bildhauern etc. mit Vorliebe die Nordfeite gefucht und gewählt.

6) Auch Räume, welche, in Rückficht auf deren Beftimmung, der Wärmewirkung der Sonnenftrahlen thunlichft entzogen werden follen, ordne man mit der Fenfterfeite gegen Norden zu an. Dahin gehören vor Allem jene Räume, in denen man Arbeiten bei möglichft conftanter Temperatur auszuführen hat, ferner folche, welche thunlichft kühl gehalten werden follen.

Kann man auf die Lichtwirkung der Sonnenftrahlen verzichten, fo wird man dem beabfichtigten Zwecke noch beffer entfprechen, wenn man den betreffenden Raum an keine der Aufsenfeiten des Gebäudes legt, fondern denfelben im Gebäudeinneren anordnet. Ift folches nicht möglich, fo fehe man von der Anbringung von Fenftern gänzlich ab und wähle für die Raumumfchliefsung eine Conftruction, welche die Uebertragung der Sonnenwärme nach innen thunlichft abhält.

Literatur

über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme«.

Knauff, F. Das neue academifche Krankenhaus in Heidelberg. München 1879. S. 6 u. ff.

Vogt, A. Ueber die Richtung ftädtifcher Strafsen nach der Himmelsgegend und das Verhältnifs ihrer Breite zur Häuferhöhe, nebft Anwendung auf den Neubau eines Kantonsfpitals in Bern. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 319.

Vogt, A. Refultate von Verfuchen über die Einwirkung der Wärmeftrahlen der Sonne auf die Hauswandungen. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 605.

Die Wirkungen der Infolation auf Hauswandungen. Eifenb., Bd. 13, S. 27.

VI. Internationaler Congrefs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienifchen Sectionen. — Heft 11: Mittel die Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme zu verforgen. — Ergänzungen zu den Heften 1—18, 20, 21 u. 23. Wien 1887—88.

---

32) Siehe: Knauff, a. a. O., S. 6.

B. Künftliche Beleuchtung der Räume.

Der Erhellung der Räume durch Sonnenlicht fteht die künftliche Beleuchtung derfelben gegenüber. Die letztere kann, je nach den Mitteln zur künftlichen Lichterzeugung, in äufserft mannigfaltiger Weife gefchehen. Kerzenlicht, Oelbeleuchtung, Erhellung mittels Magnefium-, Kamphin-, Photogen-, Amylacetat- und Paraffinlicht, Beleuchtung mittels Steinkohlengas, Naphtha-Aether, Solaröl, Oelgas, Holzgas, Boghead-Gas, die elektrifche Beleuchtung u. f. w. find bald in gröfserem, bald in kleinerem Mafsftabe zur Anwendung gekommen. Indefs ift für den Architekten zur Zeit nur die »Gasbeleuchtung« und die »elektrifche Beleuchtung« von Wichtigkeit.

Literatur

über »Künftliche Beleuchtung der Räume«.

PECLET, E. *Traité d'éclairage.* Paris 1827. — Deutfche Ueberfetzung von J. G. CH. WEISE. — 3. Aufl. von HARTMANN. Weimar 1853.

BOLLEY, P. Handbuch der chemifchen Technologie. Bd. 1, 2. Gruppe: Das Beleuchtungswefen. Braunfchweig 1862.

The artificial lighting of buildings, and gas. Builder, Bd. 31, S. 25.

Les fources de lumière. Des divers fyftèmes d'éclairage public et privé. Revue gén. de l'arch. 1875, S. 111.

PERL, E. Die Beleuchtungsftoffe und deren Fabrikation. Wien 1876.

Bericht über die Weltausftellung in Paris 1878. Herausgegeben von der k. k. öfterreichifchen Commiffion. 4. Heft: Gas- und elektrifche Beleuchtung. Von H. NACHTSHEIM. Wien 1877.

Vifites à l'expofition univerfelle de 1878. Le chauffage et l'éclairage. La femaine des conft. 1877—78, S. 555, 569, 594, 618; 1878—79, S. 5, 64, 88, 172, 222, 233.

Illuftrirte Patentberichte. Nr. 2: Patent-Claffe 4. Beleuchtungsgegenftände. Sachliche Zufammenftellung der bis zum 1. Jan. 1879 in diefer Claffe ertheilten Patente, nebft Anhang über elektrifche Beleuchtung. Bearbeitet von M. MÜLLER. Berlin 1879.

STROTT, G. R. Ueber Leuchtmaterialien, deren Eigenfchaften, Beftimmung der Lichtftärke, Leuchtkraft und des Leuchtwerthes etc. Holzminden 1880.

BARLET. *Les procédés et les appareils de chauffage et d'éclairage à l'expofition univerfelle internationale d'étude et tels qu'ils font en réalité.* Paris 1881.

BANTING ROGERS, J. *Artificial light.* Reading 1882.

UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. Bd. 2. Leipzig 1883. S. 89 u. ff.

SCHWARTZE, TH. Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1884.

MEHLHAUSEN. Ueber künftliche Beleuchtung. Berlin 1885.

HEIM, C. Ueber Lichtftärke und Verbrauch der gebräuchlichen Lichtquellen. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1887, S. 388.

L'éclairage artificiel. La conftruction moderne, Jahrg. 3, S. 405.

WAGNER, R. v. Handbuch der chemifchen Technologie. 13. Aufl. von F. FISCHER. Leipzig 1889. S. 131 u. ff.

Ferner:

Journal du gaz et de l'électricité. Paris. Erfcheint feit 1881.

Organ induftriel de l'éclairage. Brüffel. Erfcheint feit 1881. (Erfchien früher unter dem Titel *»Gas Belge«.*)

---

3. Kapitel.

Gasbeleuchtung.

Von Hermann Fischer.

a) Lichtentwickelung und Lichtmenge.

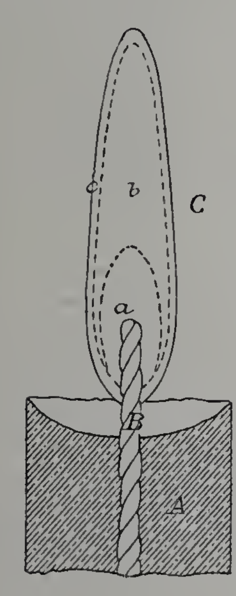
23. Kerzen-flamme.

Die Quellen, welche das Licht für künftliche Beleuchtung liefern, find durchweg — mit theilweifer Ausnahme des elektrifchen Lichtes — gleicher Art. Grundfätzliche Unterfchiede treten nur in fo fern auf, als in dem einen Falle der Brennftoff für die Lichtentwickelung bereits weiter vorbereitet ift, als in dem anderen Falle.

In Form einer Kerze von Wachs, Stearin, Paraffin u. f. w. bedarf der Brennftoff der weit gehendften Umwandelung; defshalb möge das Kerzenlicht für die Erkennung der Vorgänge des Leuchtens, fo wie der Bedingungen, unter welchen die gröfste Lichtmenge mit Hilfe einer und derfelben Brennftoffmenge erreicht werden kann, als Vorbild dienen.

Fig. 4 ift ein lothrechter Durchfchnitt einer Kerze. Durch die von der Lichtflamme *C* entwickelte Wärme wird die Oberfläche des Brennftoffes *A* gefchmolzen, und zwar, da die Wärme nur durch Strahlung übertragen werden kann, bis auf eine fphärifche Fläche, die einen Behälter für den gefchmolzenen Brennftoff bildet. In der Mitte der Kerze befindet fich der Docht *B*, welcher vermöge der Haarröhrchenkraft den nunmehr flüffigen Brennftoff in die Flamme führt. Die Temperatur der Flamme bewirkt die Vergafung der Flüffigkeit. Das grofsentheils aus Kohlenwafferftoffen beftehende Gas entftrömt dem Docht nach allen Seiten und wird in fteigendem Mafse von der eigentlichen Flamme erwärmt, zunächft bis die Temperatur deffelben genügend geworden ift, um eine Zerlegung wenigftens eines Theiles der Kohlenwafferftoffe, bezw. eine Ausfcheidung feften Kohlenftoffes in äufserft fein zertheiltem Zuftande hervorzubringen. Nunmehr ift der Rohftoff, welcher leuchten foll, gegeben: die glühenden Kohlenftofftheilchen bringen die Lichterfcheinung hervor, und zwar wächst die Entfchiedenheit des Lichtes mit der Temperatur von Dunkelroth zu Kirfchroth, weiter zu Orange und endlich zu Weifs. Der in Fig. 4 einerfeits vom Raume *a*, andererfeits von der Hülle *c* eingefchloffene Raum *b* der Lichtflamme ift angefüllt mit glühenden Kohlentheilchen und leuchtet allein.

Fig. 4.



Behuf Entwickelns der Wärme, welche die Kohlentheilchen zum Glühen zu bringen, welche den flüffigen Brennftoff zu vergafen, welche endlich den feften Brennftoff zu fchmelzen hat, werden die zum Leuchten benutzten Kohlentheilchen fowohl, als auch der fie begleitende Wafferftoff mit dem Sauerftoff der die Flamme umgebenden atmofphärifchen Luft verbunden. Diefer Verbrennungsvorgang findet innerhalb des Raumes ftatt, welcher in Fig. 4 mit *c* bezeichnet ift, und welcher den leuchtenden Körper *b* einfchliefst. Die dünnwandige Verbrennungszone *c* erwärmt den Körper *b*, welcher feinerfeits einen Theil der empfangenen Wärme an die Vergasungszone *a* abgiebt u. f. w. Die Temperatur des Dochtendes ift eine niedrige; hält man daffelbe nur in der Vergafungszone *a* (durch regelmäfsiges Kürzen des Dochtes), fo wird es kaum gebräunt.

Die wärmegebende Zone *c* erwärmt nun nicht allein den Flammenkern, fondern fie ftrahlt eine nicht unbedeutende Wärmemenge nach aufsen, welche demnach für die Lichtentwickelung nicht benutzt werden kann.

Eine Flamme wird die denkbar gröfste Lichtmenge aus einem gegebenen Brennftoff entwickeln, wenn aller Kohlenftoff in fefter Form ausgefchieden, wenn derfelbe möglichft lange im Glühen erhalten wird und nur in dem Mafse zur Verbrennung gelangt, als der Wärmebedarf es fordert. Es liegt auf der Hand, dafs das Genannte für einen beftimmten Brennftoff nur eintreten kann bei einem beftimmten Verhältnifs der mit der atmofphärifchen Luft in Berührung ftehenden Flammenoberfläche zu dem Inhalt der Flammentheile *b* und *a* und zu der Menge des durch den Docht zugeführten Brennftoffes. Wird diefes Verhältnifs nach der einen Seite überfchritten, fo verbrennt der Kohlenftoff zu früh; es wird daher feine Leuchtfähigkeit nicht genügend benutzt; findet dagegen die Ueberfchreitung nach der anderen Seite ftatt, fo gelangt der Kohlenftoff nicht vollftändig zum Glühen und zur Verbrennung, verläfft vielmehr die Flamme als Rufs. Es ift fonach erklärlich, dafs diejenige Lichtflamme, welche in Bezug auf den Brennftoffverbrauch als die vortheilhaftefte bezeichnet werden mufs, in Folge geringer äufserer Einflüffe zu ruffen beginnt.

24. Geftalt der Flamme.

Will man in einer Lichtflamme mehr Brennftoff verbrauchen, mehr Licht entwickeln, als die bisher befprochene, einen Drehkörper bildende Flamme in vortheilhafter Weife zu entwickeln vermag, fo mufs eine Flammengeftalt gewählt werden, welche obgleich gröfser ift als diefe, daffelbe Verhältnifs zwifchen Oberfläche und Rauminhalt hat. Offenbar genügt eine platte Flamme diefer Anforderung und eben fo die Flamme, deren Geftalt entfteht, indem man eine breite platte Flamme fo biegt, dafs die Seitenränder zufammenftofsen, alfo die Flamme eine Hohltrommel bildet. Derartige Flammenformen find für fefte Brennftoffe nicht gebräuchlich, wohl aber für flüffige. Sie wurden zuerft (1789) von *Aimé Argand* in Paris mittels des nach ihm benannten Brenners hervorgebracht.

25. Leuchtgas.

Für den vorliegenden Zweck ift noch nothwendig, auf eine weitere Erörterung derjenigen Flammen einzugehen, deren Brennftoff bereits am anderen Orte in Gas verwandelt ift, bei welchen alfo der oben gefchilderte Vorgang im Raume *a* beginnt, fo dafs nur die drei Räume oder Körper *a*, *b* und *c* in Frage kommen. Das unter dem Namen »Leuchtgas« in unferen Gasanftalten gefertigte Erzeugnifs ift eine aus vielen verfchiedenen Gafen zufammengefetzte und in der Zufammenfetzung wechfelnde Mifchung[33]). Als lichtgebende Beftandtheile find zu nennen: Kohlenwafferftoffdämpfe und Kohlenwafferftoffgafe, als verunreinigende: Kohlenfäure, Ammoniak, Schwefelwafferftoff, Schwefelkohlenftoff, Stickftoff, Sauerftoff u. f. w.

Je nach der Art des Rohftoffes, je nach der Herftellungsart find die Gafe in anderen Mengenverhältniffen vorhanden, fo dafs man, genau genommen, für jede Flammenanordnung vorher die Zufammenfetzung des betreffenden Gafes feft ftellen follte. Praktifch ift ein folches Verfahren undurchführbar und auch überflüffig, da andere wefentliche Einflüffe eben fo veränderlich find. Es mag defshalb im Folgenden die Zufammenfetzung des Leuchtgafes nur durch die Bezeichnungen »kohlenftoffärmer« und »kohlenftoffreicher« näher angegeben werden.

26. Leuchtgasflammen.

Die Flamme, welche Fig. 5 darftellt, und welche entfteht, indem das Gas aus einem runden Loche ausftrömt, giebt fchon Veranlaffung zur Berückfichtigung des

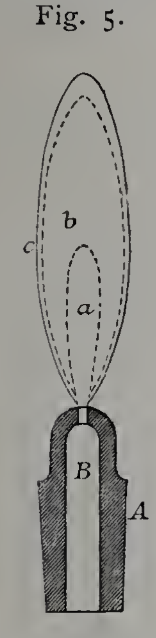
[33]) Vergl: Schilling, N. H. Handbuch der Steinkohlengas-Beleuchtung. 3. Aufl. München 1878. S. 82.
Fischer, F. Die chemifche Technologie der Brennftoffe. Braunfchweig 1880. S. 283.

genannten Unterfchiedes. Je kohlenftoffreicher das Gas ift, um fo mehr Kohlentheilchen werden unter denfelben Umftänden aus derfelben Gasmenge gebildet, um fo dichter werden diefelben fowohl in der Leuchtzone *b*, als auch in der Verbrennungszone *c* auftreten. Es genügt daher ein kleinerer Raum *b*; es mufs aber die Aufsenfläche von *c* im Verhältnifs zur Flammengröfse gröfser fein, als bei kohlenftoffärmerem Gafe, um Raum zu bieten für die Verbrennung der verhältnifsmäfsig gröfseren Kohlenmenge. Daffelbe gilt von den platten Flammen Fig. 6 u. 7, fo wie von der Flamme des Argand-Brenners, indem diefe für kohlenftoffreicheres Gas dünner, für kohlenftoffärmeres Gas dagegen dicker fein müffen, fo fern fie eine möglichfte Ausnutzung des Brennftoffes herbeiführen follen.

27. Brenner.

So fern im Hals *B* des Brenners *A* eine gröfsere Spannung herrfcht, fo wird die Gefchwindigkeit des ausftrömenden Gafes ebenfalls eine gröfsere. Die unmittelbare Folge hiervon ift, dafs die ausgefchiedenen Kohlentheilchen in *b* weiter aus einander getrieben werden und der Gasraum *a* gröfser ausfällt; die Lichtmenge der Flamme fteigt hierdurch zwar im Ganzen, aber in geringerem Mafse, als die verbrauchte Gasmenge. Aufserdem bringt die rafche Bewegung des Gafes Luftwirbelungen hervor, fo dafs eine ftärkere Mifchung des Gafes mit Luft, fonach eine frühere Verbrennung der Kohlentheilchen eintritt. Die Erfahrung hat das Gefagte beftätigt, indem durch forgfältige Verfuche nachgewiefen ift, dafs die befte Ausnutzung des Gafes bei niedrigftem Druck im Brennerhals *B* erzielt wird.

Fig. 5.



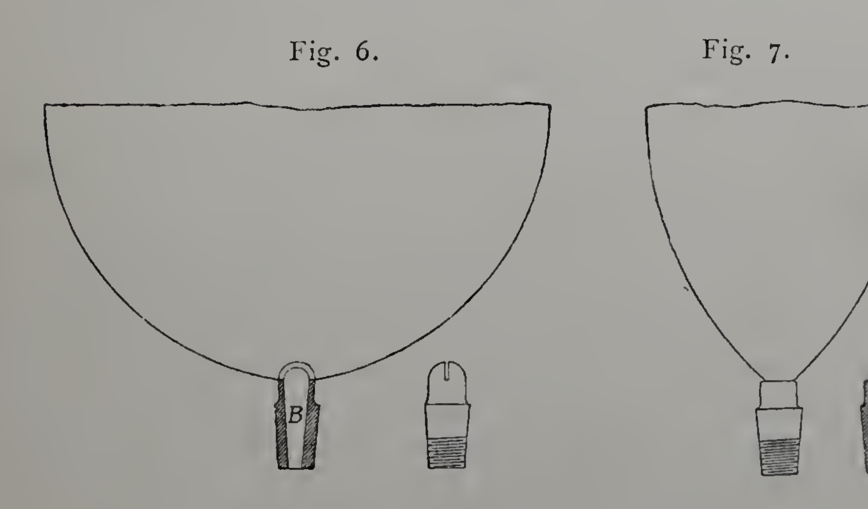
Die Brenner werden von Metall, Porzellan oder Speckftein hergeftellt. Erftere find am wenigften zu empfehlen, da fie fowohl durch Roften leiden, als auch die Lichtflamme durch ihr Wärmeleitungsvermögen fchädigen; letztere find allen anderen Brennern vorzuziehen.

28. Loch- u. Flachbrenner.

Für geringe Lichtmengen verwendet man den Einlochbrenner (Fig. 5). Derfelbe giebt im Durchfchnitt ein gutes Licht bei einem Druck von 2 bis 6 mm Wafferfäule im Brennerhals und einem ftündlichen Gasverbrauch von 25 bis 50 l. Auf die Lichtftärke einer Vereinskerze (vergl. Art. 3, S. 6) bezogen, gebraucht die gut behandelte Flamme durchfchnittlich etwa 21 l an Gas.

Die Flachbrenner find für einen ftündlichen Gasverbrauch von 90 bis 140 l am meiften gebräuchlich. Man verwendet zwei Arten der Flachbrenner, nämlich den Fledermaus- oder Schnittbrenner (Fig. 6) und den Fifchfchwanz- oder Zweilochbrenner (Fig. 7). Die trommel- oder beffer bauchförmige Halshöhlung *B* des letzteren ift mit einer Platte gefchloffen, welche zwei gegen einander geneigte Löcher durchbrechen; die aus diefen Löchern ftrömenden Gasftrahlen ftofsen auf einander und bilden, wenn entzündet, eine platte Flamme, deren Ebene winkelrecht zu derjenigen gerichtet ift, in welcher die Axen

Fig. 6. Fig. 7.



der beiden Löcher liegen. Der Schnittbrenner (Fig. 6) hat entweder einen trommelförmigen, beſſer aber einen ſich erweiternden Hals *B*, welcher vermöge eines Schlitzes mit dem Freien in Verbindung ſteht. Die Geſtalt der Flamme iſt bei dieſem Brenner breiter, als beim Zweilochbrenner.

Der Schnittbrenner iſt — mit Hilfe eines dünnen Metallſtreifens — leicht zu reinigen, was beſonders bei metallenen Brennern von groſsem Werth iſt; der Zweilochbrenner ſoll ſich vorwiegend für kohlenſtoffreiche Gaſe eignen.

Die vorliegenden Flachbrenner bedürfen eines Gasdruckes von 3 bis 4 mm Waſſerſäule — erſterer iſt paſſend für Schnitt-, letzterer für Zweilochbrenner — damit die Flamme durch die gewöhnlichen Luftſtrömungen nicht zu ſehr geſtört wird. Der Gasverbrauch, auf die Lichtſtärke einer Vereinskerze bezogen, beträgt 13 bis 16 l in der Stunde[34]).

29. Argand-Brenner.

Der gewöhnliche Argand-Brenner (Fig. 5 u. 6) iſt für Gasmengen von 120 bis 160 l in der Stunde am geeignetſten.

Derſelbe unterſcheidet ſich, wie Fig. 8 erkennen läſſt, abgeſehen von der röhrenförmigen Geſtalt der Flamme, dadurch von den eigentlichen Flachbrennern, daſs er von einer Glasröhre, dem Zugglas *C*, umgeben iſt, welches einen ſchädlichen Einfluſs zufälliger Luftſtrömungen, ſo fern dieſelben vorwiegend wagrecht gerichtet ſind, hindert. Dieſe Einrichtung ermöglicht, den Argand-Brenner mit ſehr geringem Gasdruck zu gebrauchen, was wohl die weſentlichſte Urſache für die vortheilhafte Verbrennung des Gaſes im Brenner iſt. Die Verbrennungsluft tritt ſowohl in das Innere des Flammenringes, als auch an die Auſsenfläche deſſelben.

Fig. 8.

Argand-Brenner. — 1/2 w. Gr.

Der für letzteren beſtimmte Luftſtrom wird durch den Blechkegel *D* ſo geleitet, daſs er ſich der Flamme zuneigt. Da die Geſchwindigkeit der Luftſtröme, abgeſehen von Reibungswiderſtänden, von der Temperatur innerhalb der als Schornſtein wirkenden Glasröhre *C* und von der Höhe derſelben abhängt, da ferner für die zweckmäſsigſte Verbrennung eine beſtimmte Luftmenge erforderlich iſt, ſo müſſen, will man die vortheilhafteſte Leiſtung des Brenners erreichen, Zugglas *C*, Gasmenge und Querſchnitte für den Luftſtrom mit einander genau im Einklang ſtehen, was gewöhnlich nicht der Fall zu ſein pflegt.

Dem Brenner wird das Gas von *A* aus durch die beiden Röhrchen *a*, *a* zugeführt. Das Gas verbreitet ſich dann in dem ringförmigen Hohlraume *B*, um bei *b* durch zahlreiche — 18 bis 40 — Löcher zur Flamme zu gelangen. Unmittelbar über dem Brenner vereinigen ſich die einzelnen Gasſtröme zu der Röhrenform, ſo daſs an der Flamme die Zuführungsart nicht erkannt werden kann. Selten wendet man ſtatt der vielen Löcher einen engen, ringförmigen Schlitz an.

30. *Sugg*'ſcher Brenner.

Sugg's Argand-Brenner, welcher in Bezug auf Ausnutzung des Gaſes das Hervorragendſte leiſten ſoll, iſt durch Fig. 9 abgebildet.

Zunächſt iſt an dieſem Brenner bemerkenswerth, daſs der Blechſchirm *D*, welcher die Luft der Auſsenfläche der Flamme zuführen ſoll, den Brennerkopf überragt, daſs ferner im Inneren des Brenners ein Stiſt mit Kopf *E* angebracht iſt, welcher hier dafür zu ſorgen hat, daſs der Luftſtrom ſich der Flammenfläche zuneigt, und daſs endlich auch zwiſchen dem Blechkegel *D* und dem Zugglas *C* Luft zugeführt wird. Dieſe Luftzuführung iſt beſtimmt, die Wirbelungen zu vermindern, welche entſtehen, ſobald die innerhalb des Blechkegels *D* emporſteigende Luft plötzlich den Querſchnitt des Zuglaſes *C* ausfüllen ſoll. Zweckmäſsig iſt auch die Vorrichtung, welche der Regelung des Gasdruckes dient. Die drei engen Röhrchen *a*, welche das Gas dem Hohlraume *B* zuführen, münden andererſeits in der Kammer *d*. Dieſe

[34]) Vergl. übrigens: Polyt. Journ., Bd. 243, S. 228.

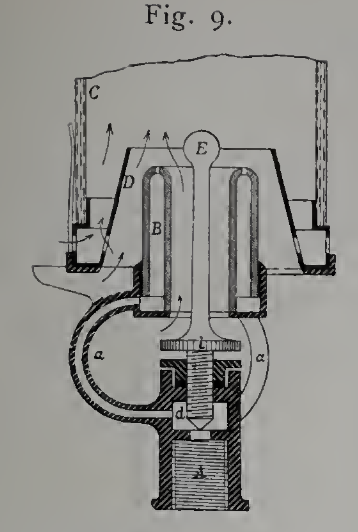


Fig. 9.

Sugg'ſcher Brenner. — 1/2 w. Gr.

ſteht mit der Gasröhre *A* mittels einer kreisförmigen Oeffnung ihres Bodens in Verbindung, in welche die untere, kegelförmige Spitze des Stiftes *E* ragt. Das Gewinde des unteren Theiles von *E* findet ſein Muttergewinde in dem Deckel der Kammer *d*; je nachdem man durch Drehen an der gerändelten Scheibe *l* dieſe genannte kegelförmige Spitze tiefer oder höher ſtellt, wird der Gaszufluſs vermindert oder vergröſsert, ſomit der Gasdruck im Brenner beliebig verändert. Die Einſtellung kann während des Brennens der Flamme geſchehen, ſo daſs man im Stande iſt, den vortheilhafteſten Gasdruck durch Verſuche zu finden.

Den verſchiedenartigen Einrichtungen entſprechend iſt die Wirkungsart der Argand-Brenner verſchieden, was man folgender kleinen Zuſammenſtellung erſehen wolle:

	Leuchtkraft für 100 l ſtündlichen Gasverbrauch.
Gewöhnlicher Porzellan-Argand-Brenner	9,9 Kerzen
» Speckſtein-Argand-Brenner	9,5 »
Pariſer Normal-Argand-Brenner	9,0 »
Londoner » » »	10,2 »
Sugg's verbeſſerter Brenner	12,3 »

Andere Verſuche haben für die verbeſſerten Brenner noch vortheilhaftere Werthe geliefert; indeſs haben dieſelben für die Praxis wenig Werth, da ſie eine zu ſorgfältige Behandlung zur Bedingung haben. Man kann im Allgemeinen annehmen, daſs ein guter gebräuchlicher Argand-Brenner, für die Helligkeit einer Vereinskerze berechnet, ſtündlich 10 bis 12 l Gas verbraucht.

31. Doppel-Argand-Brenner.

Will man eine gröſsere Lichtmenge, als etwa die von 20 Kerzen, gleichſam an einem Punkte erzeugen, ſo vereinigt man eine Zahl von Einzelbrennern, entweder in Form des ſog. Sonnenbrenners, von dem ſpäter die Rede ſein wird, oder als Doppel-Argand-Brenner. Letztere rühren von *Hulett* her[35]) und ſind ſpäter von *Sugg*[36]) verbeſſert; ſie beſtehen aus mehreren in einander geſteckten Argand-Brennern. Nach Verſuchen von *Faas* in Frankfurt a. M. ſollen dieſe Brenner, je nach Gröſse und Lichtſtärken, folgende Gasmengen ſtündlich verbrauchen:

für	50	80	100	120	200	Kerzen
	420	570	700	850	1400	Liter Leuchtgas,

wonach ſie, neben der maſſenhaften Lichtentwickelung, die bis zu 200 Kerzen getrieben werden kann, den Vortheil ſehr geringen Gasverbrauches haben.

Die ſtärkere Lichtentwickelung mittels des genannten Brenners dürfte auf die entſtehende höhere Verbrennungs-Temperatur zurückzuführen ſein. Die letztere wird dadurch hervorgebracht, daſs verhältniſsmäſsig weniger Wärme durch Strahlung verloren geht. Leider führt die hohe Temperatur auch zu verhältniſsmäſsig raſcher Zerſtörung des Brenners, wie des Zugglaſes.

32. Vorwärmen der Verbrennungsluft.

Die Helligkeit, Leuchtfähigkeit einer Flamme wächst mit der Temperatur derſelben ſehr raſch, weil mit dieſer die Farbe der Flamme weiſser wird, die hellen Strahlen gegenüber den dunkeln mehr in den Vordergrund treten. Die Lichtmenge, welche einem beſtimmten Wärmeaufwand entſpricht, iſt bei höherer Flammen-Temperatur gröſser, als bei niedriger Flammen-Temperatur.

Dies iſt ſchon längſt erkannt worden; man hat manche Einrichtungen erdacht,

35) Siehe: *The pract. mech. journal,* Bd. 4, S. 110.

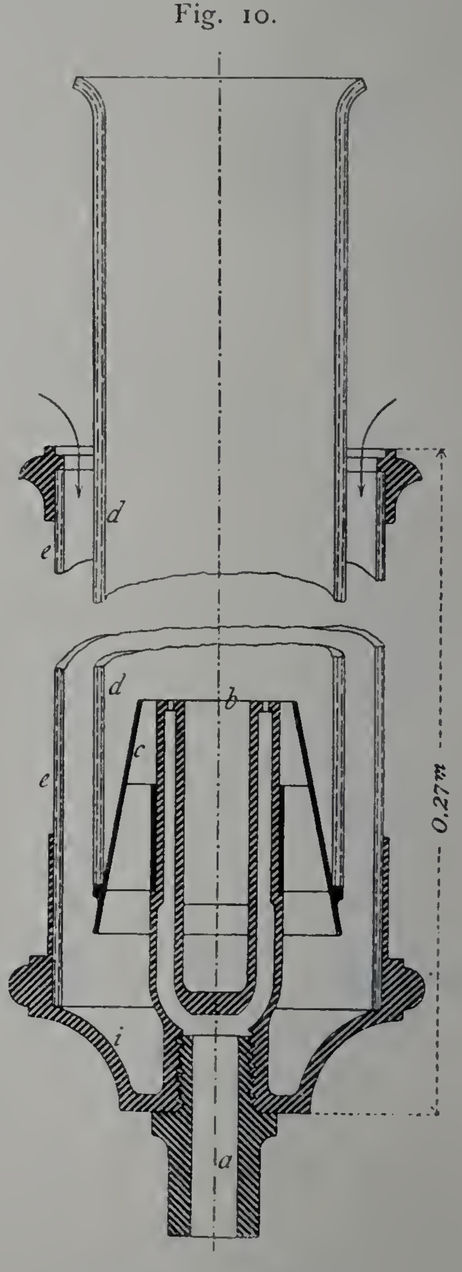
36) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 233, S. 306.

welche der Erzeugung einer höheren Flammen-Temperatur dienen. 1836 wurde *Chauffenot* ein Preis ertheilt[37]) auf die durch Fig. 10 in lothrechtem Schnitt dargeftellte Anordnung.

Der Brenner *b* wird von *a* aus in gewöhnlicher Weife mit Gas verforgt, und die Verbrennungserzeugniffe entweichen durch das Zugglas *d*. Letzteres ift jedoch von einer zweiten Glasröhre *e* umgeben, welche fich unten an ein dichtes Metallgefäfs *i* fchliefst, fo dafs die zum Nähren der Flamme dienende Luft durch den Hohlraum zwifchen *d* und *e* nach unten ftrömen mufs, um hier durch *b*, bezw. zwifchen dem Brenner *b* und dem Schirm *c* hindurch zu den Gasftrahlen zu gelangen.

Während des Niederfteigens entnimmt nun die in Rede ftehende Luft ziemlich viel Wärme von der Aufsenfeite des Zugglafes *d* und führt fie der Flamme zu, wobei fie diefe heifser und beffer leuchtend macht.

Fig. 10.



Brenner von *Chauffenot*.
1/2 w. Gr.

Diefe *Chauffenot*'fche Anordnung ift vielfach nachgeahmt; ich erwähne die *White*'fche[38]), *Muchal*'fche[39]), *Schall*'fche[40]) und die *Wendt*'fche[41]) Lampe. Abgefehen von der äufseren Geftalt ift allen diefen Anordnungen kaum ein Vorzug einzuräumen; alle leiden gemeinfam an dem Fehler, dafs in Folge der hohen Temperatur das Zugglas »entglast« wird, wenn es nicht aus befonders widerftandsfähigem Stoff befteht, ja zuweilen fogar fo erweicht wird, dafs es durch fein Eigengewicht feine regelmäfsige Geftalt einbüfst. Die Steigerung der Leuchtkraft ift eine ganz wefentliche.

Durch die Wärmeleitung der Metalltheile wird auch das Gas vorgewärmt. Man hat zuweilen diefer Gasvorwärmung befonderen Werth beigelegt[42]), dabei aber zwei Umftände überfehen. In Folge übermäfsigen Erwärmens des Gafes tritt nämlich die Ausfcheidung fefter Kohlenftofftheilchen ein, welche die betreffenden Leitungen verfchmieren; es ift daher die Gasvorwärmung gefährlich. Andererfeits nützt fie, im Vergleich zur Luftvorwärmung, wenig, da man im Durchfchnitt mindestens 20 Gewichtstheile Luft auf 1 Gewichtstheil Gas gebraucht.

Durch den Mitbewerb der elektrifchen Beleuchtung ift man veranlafft worden, die Vorwärmung der Verbrennungsluft gegenüber derjenigen, welche die vorhin erwähnten Lampen bieten, zu fteigern und doch dauerhafte Einrichtungen zu fchaffen. Man verfertigt zu diefem Ende die zum Vorwärmen dienenden Theile aus Metall, Porzellan oder dergl.

Fr. Siemens bot in diefer Richtung zuerst Brauchbares. Zwar liefsen die erften Anordnungen deffelben[43]) viel zu wünfchen übrig; bald jedoch gelang es dem raft-

[37]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 65, S. 132.
[38]) Siehe: *The pract. mech. journ.*, Bd. 9, S. 92.
[39]) Siehe: D.R.-P. Nr. 19353, 25174 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 251, S. 363 — endlich: Gefundh.-Ing. 1884, S. 147.
[40]) Siehe: D.R.-P. Nr. 19732 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 251, S. 306.
[41]) Siehe: D.R.-P. Nr. 21334 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 251, S. 453.
[42]) Vergl.: *The pract. mech. journ.*, Bd. 7, S. 156.
[43]) Siehe: Verh. d. Ver. zur Bef. d. Gwbfl. in Preufsen 1879, S. 106.

lofen Manne, feine Gedanken fo zu verkörpern, dafs die *Siemens*-Lampe fich Weltruf erworben hat. Durch fie wurde aber auch der Erfindungsgeift wachgerufen, welcher wefentliche Vervollkommnungen zeitigte [44]).

Es würde dem Zwecke diefes Buches nicht entfprechen, alle diefe Lampeneinrichtungen eingehend zu erörtern, da die Lampenart auf die Art der Röhrenleitung nur fehr geringen oder keinen Einflufs hat, mit anderen Worten: an eine und diefelbe Röhrenleitung fehr verfchiedene Lampen gefchloffen werden können. Es möge deshalb dem Quellennachweis nur noch eine allgemeine Erörterung folgen.

Es wurde bereits angeführt, dafs die Lampen mit Luft- (und theilweife mit Gas-) Vorwärmung aus derfelben Gasmenge eine gröfsere Lichtmenge liefern. Die Lichtausbeute fteigert fich mit der Gröfse der Flamme fchon bei denjenigen Brennern oder Lampen, welche der Flamme unerwärmte Luft zuführen [45]); diefelbe Erfcheinung findet man bei den Lampen mit Luftvorwärmung.

In wagrechter Richtung gemeffen fand man [46]):

Lampe	Bezeichnung	Lichtftärke	Gasverbrauch für 1 Kerze ftündlich
Siemens-Lampe — Flamme nach oben gerichtet	Nr. 3	63	6,6
	Nr. 1	300	5,3
	Nr. 0	400	5,0
Bower-Lampe	a	43	6,0
	b	72,5	5,6
Butzke-Weftfal-Lampe	—	64	6,0
	—	80	
Wenham-Lampe	Nr. 0	10,5	10,0
	Nr. 2	43	7,0
		Vereinskerzen.	Liter.

Diefe Zahlen ändern fich zu Gunften derjenigen Brenner, welche die Flamme mehr oder weniger wagrecht ausbreiten, das Licht nach unten fenden, ganz erheblich, wenn man die Helligkeit in geneigter oder lothrecht nach unten fallender Richtung mifst. So ergab z. B. die *Wenham*-Lampe [47]):

Bezeichnung	Winkel mit der Wagrechten	Lichtftärke	Gasverbrauch ftündlich auf 1 Lichtftärke	Bezeichnung	Winkel mit der Wagrechten	Lichtftärke	Gasverbrauch ftündlich auf 1 Lichtftärke
Nr. 2	0	28,4	8,77	Nr. 4	25	152	4,51
»	45	44,5	5,77	»	45	170	3,98
»	90	45,8	5,58	»	65	200	3,42
Nr. 4	0	99	6,92	»	90	202	3,33
	Grad.	Vereinskerzen.	Liter.		Grad.	Vereinskerzen.	Liter.

Die Lichtftärken find hier in englifchen Kerzen ausgedrückt.

44) Ueber die *Siemens*-Lampe fiehe: Gefundh.-Ing. 1881, S. 188 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 244, S. 442; Bd. 251, S. 364; Bd. 256, S. 404; Bd. 259, S. 415; Bd. 268, S. 152. — Ueber andere Lampen mit Luftvorwärmung fiehe: Gefundh.-Ing. 1886, S. 44, 740, 805; 1887, S. 407, 562, 733 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 251, S. 364; Bd. 256, S. 450; Bd. 259, S. 415; Bd. 268, S. 145 — endlich: Zeitfchr. d. Ver. deutfcher Ing. 1885, S. 319.

45) Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 243, S. 133 u. ff.

46) Siehe: Gefundh.-Ing. 1887, S. 584.

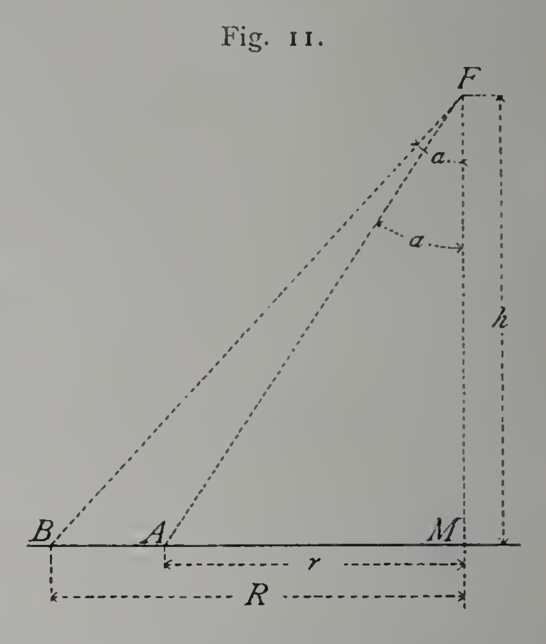
47) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 266, S. 40.

33. Zahl- und Höhenlage der Lichtquellen.

Hiernach erscheint es zweckmäfsig, die Zahl der Lichtquellen möglichst gering zu machen.

Unter der Annahme, dafs die Helligkeit der Lichtstrahlen, welche innerhalb eines Kegels, dessen Spitzenwinkel $2a$ misst, im Wesentlichen sich gleicht, kann man die Beleuchtung einer ebenen Fläche wie folgt berechnen. Es sei F (Fig. 11) die leuchtende Flamme, deren Lichtstärke L Meterkerzen (MK) beträgt, d. h. in 1 m Entfernung eben so beleuchtet, wie L Vereinskerzen thun würden[48]); h bezeichne die Entfernung der Flamme F von der zu beleuchtenden Fläche, r den Abstand eines Punktes A der Fläche vom Fufspunkte M der Lothrechten FM (in Met.) und α die Neigung des zugehörigen Lichtstrahles gegenüber der genannten lothrechten Linie.

Fig. 11.



Alsdann ist die Helligkeit H des Punktes A, da diese im umgekehrten Verhältnifs zum Quadrat der Lichtstrahllänge und im geraden Verhältnifs zum Sinus des Auffallwinkels FAM steht,

$$\frac{H}{L} = \frac{1^2}{\left(\frac{r}{\sin\alpha}\right)^2} \sin FAM$$

oder

$$H = \frac{L}{r^2} \cos\alpha \, \sin^2\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1.$$

Aus dieser Gleichung läfst sich zunächst die zweckmäfsigste Höhe h der Flamme über einer zu beleuchtenden Fläche vom Halbmesser R berechnen. Die Fläche wird um so besser beleuchtet werden, je heller der Rand, als der am schlechtesten beleuchtete Theil derselben, wird, also die günstigste Höhe h diejenige sein, bei welcher H_R den gröfsten Werth annimmt.

Setzt man $H = \frac{L}{r^2} \cos\alpha \sin^2\alpha = f(\alpha)$, so wird

$$f'(\alpha) = \frac{L}{r^2}\left[\sin^2\alpha\,(-\cos\alpha) + \cos\alpha \,.\, 2 \,.\, \sin\alpha\cos\alpha\right] = \frac{L}{r^2}\left(2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha\right)\sin\alpha\,.$$

H erreicht den gröfsten Werth für $f'(\alpha) = 0$, d. h.

$$\frac{L}{r^2}\left(2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha\right)\sin\alpha = 0,$$

sonach $\quad 2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 0 \quad$ oder $\quad 2\cos^2\alpha - (1 - \cos^2\alpha) = 0,$

daher $\quad 3\cos^2\alpha = 1,$

$$\cos^2\alpha = \frac{1}{3} \quad \text{und} \quad \cos\alpha = 0{,}577, \quad \text{woraus} \quad \alpha = 54^0\,45'.$$

Hieraus gewinnt man in leicht zu erkennender Weise die zweckmäfsigste Höhe h zu

$$h = 0{,}707\,R, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2.$$

wofür abgerundet gesetzt werden soll:

$$h = 0{,}7\,R \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3.$$

$$a = 55^0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4.$$

Mit Hilfe der Gleichung 1 lassen sich ferner die Belichtungen der einzelnen Flächenpunkte berechnen; Fig. 12 bietet zwischen den Lothrechten M und B eine Schaulinie, deren Ordinaten der Helligkeit entsprechen, welche der in $h = 0{,}7\,R$ angebrachte lichtspendende Punkt F hervorbringt.

Diese für die Nutzbarmachung des Lichtes günstigste Höhenlage der Lampe liefert eine wenig gleichförmige Beleuchtung. Beispielsweise ist die Mitte M (Fig. 11) 5,3-mal so hell, als diejenige der in der Entfernung R von M gelegenen Punkte. Mit der Vergröfserung der Höhe h, bezw. Verringerung des gröfsten Werthes von α, nimmt die Gleichförmigkeit zu, gleichzeitig aber auch die Lichtausnutzung erheblich ab. Trotz letzteren Umstandes zieht man die gröfsere Höhe der Lichtquelle, behufs Steigerung der Gleichförmigkeit in der Beleuchtung, vielfach vor.

Würde über einem zweiten Punkt M_1 (Fig. 12) derselben Ebene in der Entfernung $2\,R$ eine gleich starke Lichtquelle F_1 in gleicher Höhe angebracht, so würde

[48]) Siehe Art. 12, S. 12.

diefe zunächft den um M_1 gelegenen Flächentheil eben fo beleuchten, wie links von FM gezeichnet ift. Zu gleicher Zeit würde aber diefe Fläche auch von F beleuchtet, eben fo wie die zu F gehörige Fläche von F_1 eine zufätzliche Beleuchtung erfahren würde. Zur Gewinnung des wirklichen Werthes der Gefammtbeleuchtung jedes Punktes find die beiden Quellen entfpringenden Beleuchtungswerthe zufammenzuzählen. Man erzielt hierdurch die zwifchen FM und $F_1 M_1$ befindliche obere Schaulinie. Der Vergleich derfelben mit der links von FM befindlichen Schaulinie ergiebt eine nennenswerth gleichförmigere Beleuchtung bei Paarung zweier Flammen, als wenn

Fig. 12.

nur eine Flamme das Licht liefert. Man wird daher, zu Gunften gröfserer Gleichartigkeit der Beleuchtung, auch in diefer Richtung vielfach der unvollkommeneren Ausnutzung des Leuchtgafes durch mehrere kleinere, ftatt durch eine gröfsere Flamme den Vorzug geben.

34. Gas-Glühlicht.

Die neuere Zeit hat zahlreiche Verfuche aufzuweifen, ftatt der glühenden Kohlenftofftheilchen andere fefte Körper zum Glühen und damit zum Leuchten zu veranlaffen.

Es gelang bekanntlich *Drummond* bereits um das Jahr 1826, mittels einer Knallgasflamme einen Kalkkörper in fo lebhafte Gluth zu verfetzen, dafs deffen Lichtwirkung diejenige aller fonft bekannten Lichtquellen weit hinter fich liefs. Noch heute kommt das *Drummond*'fche Kalklicht gelegentlich zur Verwendung, wenn elektrifches Licht nicht verfügbar ift. Seine Erzeugung bedingt jedoch fo viel Umftändlichkeiten, fo dafs eine allgemeinere Verwendung ausgefchloffen ift.

Die Schwierigkeiten, welche die regelmäfsige Entwickelung des Glühlichtes verurfacht, beftehen einerfeits in der Erzeugung der erforderlichen hohen Temperatur, andererfeits in der Gewinnung eines genügend dauerhaften Glühkörpers. *Caron* hat durch feine Verfuche [49]) auf die Magnefia und befonders die Circon-Erde hingewiefen. Daneben find Platin, Kalk, Caolin, Kiefelfäure u. f. w. in Vorfchlag gekommen.

Ich erwähne hier von den verfchiedenen Lampen diejenigen von *Clamont* [50]), *Lewis* [51]), *Fahnehjelm* [52]) und *Auer* [53]). In Deutfchland haben namentlich die letzteren beiden Lampen von fich reden gemacht.

Fahnehjelm erhitzt aus Magnefia u. f. w. gebildete Nadeln, welche an einander gereiht find, mit der Flamme des Waffergafes. Das Licht ift ein weit ruhigeres, angenehmeres, als dasjenige der Leuchtgasflamme.

Auer tränkt ein fchlauchartiges Gewebe mit falpeterfaurem Lanthan und Circon, oder Yttrium oder Erbium mit Circon u. f. w. Der Schlauch wird über einen *Bunfen*-Brenner gehängt, durch deffen

[49]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 189, S. 118.
[50]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 244, S. 445; Bd. 251, S. 454; Bd. 259, S. 412 — ferner: Gefundh.-Ing. 1883, S. 146.
[51]) Siehe: Polyt Journ., Bd. 259, S. 413.
[52]) Siehe: Polyt Journ., Bd. 259, S. 413; Bd. 261, S. 526 — ferner: Gefundh.-Ing. 1886, S. 806.
[53]) Siehe: Gefundh.-Ing. 1886, S. 102, 197, 466 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 259, S. 413; Bd. 261, S. 527.

Flamme die Gewebefafer verbrannt und demnächft die erdigen Beftandtheile zum Glühen gebracht werden. Die anfängliche gute Aufnahme des *Auer*'fchen Glühlichtes ift bereits faft allgemeiner Theilnahmslofigkeit gewichen, namentlich der geringen Haltbarkeit des Glühkörpers halber.

Eine nennenswerthe Bedeutung hat das Gasglühlicht bis heute nicht gewonnen.

Das Verhältnifs zwifchen der Leuchtkraft und der erzielten Beleuchtung unterliegt übrigens im Wefentlichen gleichen Gefetzen, wie bei anderen Gaslampen.

35.
Erforderliche Lichtmenge.

Aus den bisherigen Erörterungen geht hervor, dafs eine und diefelbe Leuchtgasmenge fehr verfchiedene Lichtmengen zu entwickeln vermag. Die Grenzen des ftündlichen Gasverbrauches für 1 Vereinskerzen-Lichtftärke dürften 21 l und 3 l fein.

Im Allgemeinen find für 1 Kerzen-Lichtftärke 0,6 Einlochbrenner mit 21 l, 0,1 Flachbrenner mit 14 l, 0,07 Argand-Brenner mit 11 l ftündlichem Gasverbrauch zu rechnen. Die Brenner mit Luftvorwärmung behandelt man am beften einzeln.

Zur Beftimmung der erforderlichen Lichtmengen wird in neuerer Zeit, ähnlich wie bei der Erhellung mittels Sonnenlicht (fiehe Art. 12, S. 12), auch bei der künftlichen Beleuchtung der Erhellungsgrad der beleuchteten Flächen in fog. Meter-Normalkerzen (*MK*) ausgedrückt. Die von *Cohn* für Tagesbeleuchtung aufgeftellte Forderung (fiehe Art. 15, S. 15), dafs für das Lefen und für Thätigkeiten, welche ähnlich angeftrengtes Sehen bedingen, 50 *MK* wünfchenswerth, mindeftens aber 10 *MK* unbedingt nothwendig feien, wird, obwohl diefe Forderung eine fehr hohe ift, auch auf die künftliche Erhellung zu übertragen fein. Indeffen find die Anfprüche an die künftliche Beleuchtung ungemein rafch gewachfen, es ift fraglich, ob zum Vortheile der Augen. Es ift nämlich nicht zu überfehen, dafs jede künftliche Beleuchtung ungleichmäfsige Helligkeit liefert (fiehe Art. 33, S. 36), dafs das Auge der Lichtquelle näher liegt, als viele der beleuchteten Flächen, und defshalb, wenn es auf jene gerichtet wird, unter der Ueberfluth des Lichtes leidet.

Für Hörfäle verwendet man — nach zahlreichen von mir in deutfchen und öfterreichifchen Hochfchulen gemachten Beobachtungen — durchfchnittlich für jeden Hörer die Lichtftärke von 1 1/2 bis 3 Kerzen.

Handelt es fich nicht um die Beleuchtung beftimmter Arbeitsplätze, fo können folgende Angaben als Anhalt dienen.

Nennt man Z die Zahl der erforderlichen Kerzen-Lichtftärken, C den Inhalt des zu beleuchtenden Raumes (in Cub.-Met.), fo kann man für mittlere Anfprüche und Verhältniffe fetzen:

$$Z = \frac{C}{(1{,}3 \text{ bis } 2{,}5) + 0{,}0005\ C}, \quad \ldots \ldots \quad 5.$$

wobei eine zweckmäfsige Vertheilung der Flammen und eine angenäherte Höhenlage h über dem Fufsboden angenommen ift nach der Formel:

$$h = (1{,}3^{\text{m}} \text{ bis } 1{,}6^{\text{m}}) + 0{,}25\ H \text{ Meter}, \quad \ldots \ldots \quad 6.$$

in welcher Formel H die lichte Höhe des Raumes (in Met.) bezeichnet.

Bei Benutzung der Gleichung 5 ift zu beachten, dafs die Helligkeit eines Zimmers in hohem Grade abhängt von der Farbe, wie der Geftalt der Einfchliefsungsflächen. Dunkle, matte Farben und ftark vorfpringende Verzierungen erfordern viel Licht; helle, glänzende Farben und glatte Flächen erfcheinen bei viel weniger Licht reichlicher beleuchtet. Verlangt man eine »glänzende« Beleuchtung, fo mufs man das aus Gleichung 5 gewonnene Z entfprechend vergröfsern.

b) Gasleitungen und Druckregler.

36.
Lage
der
Leitung.

Die erforderliche Weite und die Lage der Gasleitung läfst fich nach der Gröfse, Zahl und Lage der Lichtquellen beftimmen. Was zunächft die Lage betrifft, fo ift zweifellos, dafs das Zuleitungs-Röhrenwerk vom Brenner ab zunächft an eine der Einfchliefsungsflächen des Raumes, hiernach aber den Wänden, Decken u. f. w. entlang geführt wird. Den erftgenannten Theil des Röhrenwerkes werde ich fpäter noch befprechen; in Bezug auf den letzteren, ausgedehnteren Theil ift zunächft die gegenfeitige Lage der zu beleuchtenden Räume, fo wie die Benutzungsart derfelben in das Auge zu faffen.

37.
Anordnung
des
Röhrennetzes.

Von einem Punkte, und zwar von der Gasuhr (fiehe Art. 37) aus, ift eine Zahl von Räumen mit der geforderten Gasmenge zu verforgen. Liegen diefe Räume in einer Reihe neben einander, fo wird man eine Röhre derfelben entlang führen und für jeden Raum eine oder mehrere Zweigröhren anfchliefsen. Sind dagegen die Räume in mehreren Reihen neben oder über einander angeordnet, fo ift es zweifelhaft, ob jene erfte Anordnung grätenartig gegliedert werden foll, oder ob eine Ringanordnung der Hauptröhren vorzuziehen ift. Fig. 13 ift eine fchematifche Darftellung der Röhrenlage nach den beiden genannten Arten. Die dünnen ausgezogenen Linien follen die Gräten-, die geftrichelten Linien die Ringanordnung vorftellen. Man erfieht aus der Abbildung, dafs in Bezug auf den Preis der Anlage in vielen Fällen beide einander gleich fein werden. Ift der Preis nicht ausfchlaggebend, fo ift die Benutzungsart der Räume zu berückfichtigen. In dem Falle, dafs fämmtliche Räume immer gleichzeitig beleuchtet werden, find beide Anordnungen ebenfalls gleichwerthig; findet dagegen eine wechfelnde Benutzung der Beleuchtung ftatt, werden gewöhnlich die einen der Räume benutzt, während die anderen unbeleuchtet bleiben, fo gewährt die Ringanordnung den nicht unbedeutenden Vorzug, einigen Räumen, die etwa fehr reichlich beleuchtet werden follen, das Gas von zwei Seiten zuzuführen. Da die Zuleitung von zwei Seiten ermöglicht ift, fo geftattet die Ringanordnung auch, einzelne Gebäudetheile, vielleicht behuf einer Ausbefferung, von der Gaszuleitung überhaupt auszufchliefsen, ohne die übrigen im Gasbezug zu befchränken. Mehr noch als in Fig. 13 treten diefe Vortheile in Fig. 14 hervor, welche die Hauptleitung der technifchen Hochfchule in Hannover darftellt. Die liegenden Kreuze innerhalb der Leitung bezeichnen Abfperrfchieber, bezw. -Hähne, unter deren Benutzung das bei *A* eintretende Gas in verfchiedenartiger Weife geleitet werden kann.

Fig. 13.

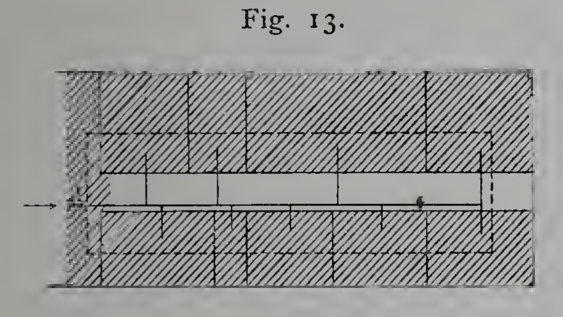
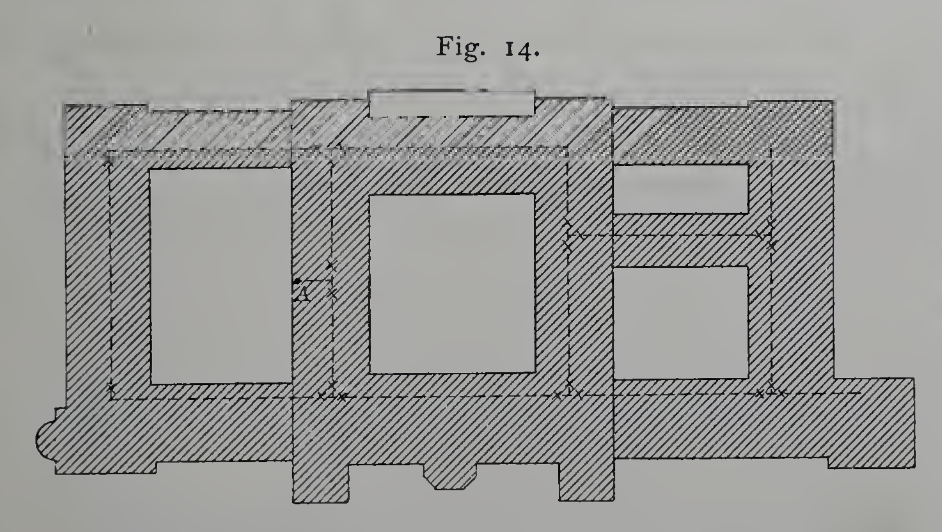


Fig. 14.



Haupt-Gasleitung im Gebäude der technifchen Hochfchule zu Hannover.
1/2000 w. Gr.

38. Gasuhren.

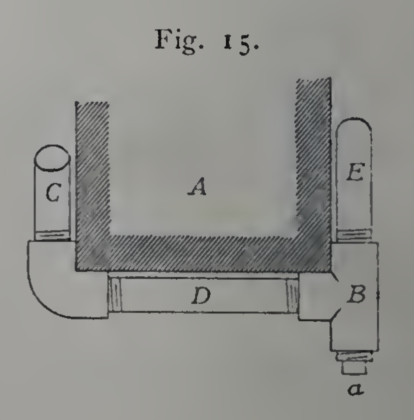
Bei Eintritt des Gafes in das zu erleuchtende Gebäude mufs daffelbe zunächft die fog. Gasuhr durchftrömen, welche die Menge deffelben mifft, behuf Berechnung des zu zahlenden Preifes. Diefe Gasuhren find, genau genommen, keine gerechten Meffer des Gafes, da deffen Preis eigentlich auf Grund des Gewichtes und der Güte feft geftellt werden follte. Wenn auch in Bezug auf letztere von Zeit zu Zeit amtliche Beobachtungen gemacht werden, fo genügen diefe doch nicht, den Käufer des Gafes vor Schaden zu fchützen. Ein genaueres als das gebräuchliche Mefsverfahren, welches gleichzeitig praktifch durchführbar ift, giebt es aber zur Zeit nicht; man mufs daher beftrebt fein, die wefentlichften Mängel des Raummeffens zu mildern. (Vergl. auch das in Kap. 7, unter e, 3 über Gasuhren Gefagte.)

In Folge von Temperaturfchwankungen nimmt eine und diefelbe Gasmenge verfchiedene Räume ein, fowohl in Folge der unmittelbaren Ausdehnungen, bezw. Zufammenziehungen deffelben, als auch namentlich durch Aenderung des Vermögens, Waffer zu verdunften. Durch Abkühlung des Gafes wird daffelbe gezwungen, den aufgenommenen Wafferdampf zum Theile als Waffer abzugeben; nach Erwärmung des Gafes fucht daffelbe mit Begier Waffer zu verdunften und in fich aufzunehmen. Defshalb gilt als erfte Regel: die Gasuhr foll an einem möglichft kühlen Orte und fo aufgeftellt werden, dafs das Gas auf feinem Wege von der Strafsenleitung zur Gasuhr keine Gelegenheit findet, fich zu erwärmen. Selbftverftändlich mufs der betreffende Raum froftfrei fein, da in Folge des Gefrierens des etwa mitgeriffenen Waffers empfindliche Störungen eintreten. Sonach ift der geeignetfte Ort für die Gasuhr im Kellergefchofs zu fuchen. Bei den mit Recht beliebten fog. naffen Gasuhren ift die Möglichkeit des Verdampfens von Waffer am gröfsten; man hat die Wafferfüllung der Uhren durch andere Flüffigkeiten, und zwar folche, die nicht trocknen, z. B. Glycerin, Chlorcalcium-Löfung u. f. w., zu erfetzen gefucht, jedoch bisher ohne den genügenden Erfolg.

39. Ableitung des Waffers.

Eine gewiffe Wafferdampfmenge führt das Leuchtgas faft immer mit fich. Wird es daher durch Räume geführt, welche kälter find, als der Gasuhr-Raum, fo ift es wahrfcheinlich, dafs ein Theil des Wafferdampfes verdichtet wird. Man heizt nicht ftets fämmtliche Räume; defshalb ift für eine zweckmäfsige Ableitung des Waffers Sorge zu tragen. Bei kürzeren Leitungen erreicht man diefelbe in der Regel durch eine von der Gasuhr fortlaufend fteigende Lage der Röhren, fo dafs das gebildete Waffer zur Gasuhr zurückfliefst. Nicht felten ift eine folche allmählich fteigende Lage nicht überall durchzuführen, z. B. wenn den Röhren ein Träger *A* (Fig. 15) den Weg verfperrt. Man fchaltet alsdann in den Röhrenftrang *C D E* bei *B* ftatt eines Bogens oder Winkels ein **T**-Stück ein und benutzt das eine Ende deffelben, welches mittels des Pflockes *a* verftopft ift, zum Ablaffen des Waffers, welches fich etwa anfammelt. In ausgedehnteren Leitungen müffen gewöhnlich befondere Wafferfammler (Waffertöpfe oder Siphons) angeordnet werden, welche mit einem Hahn verfehen werden, um das angefammelte Waffer bequem entfernen zu können.

Fig. 15.



Der an der inneren Fläche der Röhren fich bildende Roft löst fich zuweilen von diefen ab und rutfcht in ftark fteigenden Leitungen nach unten, wofelbft eine theilweife Verftopfung der Leitung hervorgerufen werden kann. Behuf Befeitigung

derſelben ſchaltet man an dem unteren Ende der ſtark ſteigenden Röhren in ähnlicher Art ein **T**-Stück ein, wie in Fig. 15 angegeben iſt.

40.
Haupthähne.

Zwiſchen der Straſsenleitung und der Gasuhr ſollte immer ein Hahn oder für gröſsere Röhrenweiten ein Schieber eingeſchaltet werden, um ſowohl bei Ausbeſſerungen der Gasanlage, als auch namentlich bei Unfällen das Gas völlig abſchlieſsen zu können. Nicht ſelten empfiehlt es ſich, in Rückſicht auf Unfälle irgend welcher Art, den genannten Haupthahn auſserhalb des Gebäudes zugänglich zu machen. Auſser dem erſten Haupthahn ſollten in umfangreicheren Leitungen an geeigneten Stellen noch fernere Haupthähne zweiter Ordnung zum Ausſchluſs einzelner Gebäudetheile oder auch einzelner Räume angebracht werden.

Dieſe Abſchlüſſe haben insbeſondere auch den Zweck, die unvermeidlichen Undichtheiten der Röhrenleitungen und Brennerhähne dadurch weniger ſchädlich zu machen, daſs man das ganze Röhrennetz oder Theile deſſelben vom Gaszufluſs abſperrt, ſo lange das Gas nicht benutzt wird. Liegen die abzuſperrenden Röhren ſo hoch, daſs die Bedienung der Abſchluſsvorrichtung unbequem wird, ſo ſchaltet man in den Röhrenſtrang wohl eine nach unten hängende Schleife (Fig. 16), deren untere Biegung den Hahn oder das Ventil aufnimmt.

Fig. 16.

Die Leitungsröhren ſollen nach Möglichkeit zugänglich bleiben. Sie ſollen daher in den Zimmern *auf*, nicht unter den Verkleidungen, dem Putz der Wände und Decken liegen. Die Gasleitung iſt in denjenigen Gebäuden, in welchen ſie angebracht wird, ein vollberechtigter Gebäudetheil; ſie verdient daher künſtleriſch ausgebildet, nicht aber verſteckt zu werden. Zur Unterbringung der dickeren Hauptleitungsröhren, welche ſchwer in den Schmuck der Wände und Decken einzuſchlieſsen ſind, benutzt man die Kellerräume oder den Dachboden. So weit die Röhren nicht frei gelegt werden können, ſollen ſie mindeſtens frei von Verbindungsſtellen ſein.

41.
Weite
der
Röhren.

Die erforderliche Weite der Röhren iſt nach den gegebenen Drücken an der Gasuhr und an den Brennern, nach den Widerſtänden der Bewegung in der Leitung und nach der Höhenlage des in Frage kommenden Brenners gegenüber der Gasuhr zu berechnen. Der Druck an der Gasuhr iſt in verſchiedenen Städten und auch innerhalb derſelben Stadt an verſchiedenen Orten derſelben verſchieden. Man hat ſich daher nach den örtlichen Verhältniſſen zu erkundigen. In der Regel kann man auf 16^{mm} Waſſerſäule vor der Gasuhr rechnen. Die Gasuhr leiſtet einen Widerſtand von 3 bis 4^{mm} Waſſerſäule; der am Hahn des Brenners nothwendige Druck — welcher alſo durch den Hahn und die Leitung von dieſem zum Brenner noch verringert wird — iſt zu etwa 8^{mm} Waſſerſäule anzunehmen.

Die Höhenlage des Brenners macht ſich in folgender Weiſe bemerklich. Das Einheitsgewicht des Leuchtgaſes ſchwankt nach ſeiner Zuſammenſetzung; im Mittel kann man daſſelbe zum $0{,}42$-fachen desjenigen der atmoſphäriſchen Luft annehmen. Es wiegt 1^{cbm} Luft bei 10 Grad Temperatur $1{,}2^{\text{kg}}$, 1^{cbm} Gas unter der obigen Annahme $1{,}2 \,.\, 0{,}42 = 0{,}5^{\text{kg}}$. Folglich bringt jedes ſteigende Meter einer Gasleitung eine Vermehrung des Drucküberſchuſſes des Gaſes gegenüber der Luft von $1{,}2 - 0{,}5 = 0{,}7^{\text{kg}}$ hervor; wiegt dagegen 1^{cbm} Gas $0{,}7^{\text{kg}}$, ſo verringert ſich die Druckerhöhung für das ſteigende Meter auf $1{,}2 - 0{,}7 = 0{,}5^{\text{kg}}$ für 1^{qm} Grundfläche. Eine Waſſerfläche von 1^{qm} Gröſse und 1^{mm} Dicke wiegt 1^{kg}; folglich entſpricht die genannte Ueberdruckzunahme einer Waſſerſäule von $0{,}7^{\text{mm}}$, bezw.

0,5 mm. Wenn kein Gas verbraucht wird, alſo keine Reibungswiderſtände ſich geltend machen können, ſo iſt hiernach der Ueberdruck in einem Leitungsſtück, welches 10 m höher liegt, als ein anderes, um 7 mm, bezw. 5 mm Waſſerſäule gröſser, als in letzterem. Dies iſt die Urſache, warum man im Allgemeinen vorzieht — was in den meiſten Fällen örtliche Verhältniſſe allein ſchon empfehlenswerth erſcheinen laſſen — das Gas von unten nach oben zu führen, da die entſtehenden Reibungsverluſte durch die angegebene Ueberdruckzunahme eine Ausgleichung finden.

42. Widerſtandshöhen.

Nennt man die Länge einer geraden Röhre l, den Durchmeſſer derſelben d, die ſecundliche Geſchwindigkeit des Gaſes v (Alles in Met.), ferner g die bekannte Zahl 9,81, γ das Gewicht von 1 cbm Gas, ſo iſt, wie in den Kapiteln über »Heizung und Lüftung« näher erörtert werden wird, die durch Reibung entſtehende Widerſtandshöhe z (in Millim. Waſſerſäule):

$$z = \gamma \left(\frac{1}{v} + 20\right) (0{,}0003 \text{ bis } 0{,}001\ 4) \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \ldots \ldots \quad 7.$$

Die Geſchwindigkeit v des Gaſes wird ſehr ſelten geringer als 0,5 m oder gröſser als 3,0 m angenommen; man kann daher das Glied $\frac{1}{v}$ des erſten eingeklammerten Werthes vernachläſſigen. Der Zuſtand der Röhrenoberfläche iſt im Allgemeinen ein guter, weſshalb für den Werth der zweiten Klammer 0,0004 genommen werden darf. Das Gewicht γ von 1 cbm Gas darf durchſchnittlich zu 0,5 kg angenommen werden.

Nach Einführung dieſer Durchſchnittswerthe und Erſatz des Ausdruckes v durch Q, welches die ſtündlich geförderte Gasmenge (in Cub.-Met.) bezeichnet, endlich nach Erſatz der Gröſse d (in Met.) durch d_1 (in Centim.) erhält man für die Widerſtandshöhe folgende einfache Formel:

$$z_1 = l \frac{Q^2}{d_1^{\,5}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 8.$$

Die Widerſtandshöhe z_2, die aus einer Querſchnittsveränderung der Leitung hervorgeht, iſt ſchwer in bequemer Weiſe auszudrücken. Bei guten Leitungen ſind die Querſchnittsveränderungen gewöhnlich nicht erheblich, weſshalb dieſe Widerſtandshöhe vernachläſſigt werden mag. Der Widerſtand in einem Knie iſt

$$z_3 = \gamma \frac{v^2}{2g} = 0{,}4 \frac{Q^2}{d_1^{\,4}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 9.$$

und derjenige eines Bogens durchſchnittlich

$$z_4 = 0{,}3\ \gamma \frac{v^2}{2g} = 0{,}12 \frac{Q^2}{d_1^{\,4}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 10.$$

zu ſetzen. Die neben ſtehende Tabelle enthält eine Zahl von mit den Formeln 8, 9 und 10 gewonnenen Werthen. Die Benutzungsart dieſer Tabelle dürfte ohne Weiteres verſtändlich ſein.

43. Beiſpiel.

Beiſpiel. Eine Gasleitung, welche im Ganzen ſtündlich ($Q =$) 20 cbm Gas verbraucht, ſei im Grundriſs nach der unteren Hälfte von Fig. 17 verzweigt; es mögen einige Theile der Leitung berechnet werden. Der Brenner A, vor deſſen Hahn 6 mm Ueberdruck herrſchen ſoll, liege 3 m höher als die Gasuhr U (Fig. 17, Aufriſs), und die Leitung liege um noch 2 m höher. Der Druck hinter der Gasuhr U ſei 12 mm.

Alsdann iſt der zuläſſige Druckverluſt: $12 - 6 + 3 \cdot 0{,}5 = 7{,}5$ mm; dem gegenüber die geſammte Leitungslänge von der Uhr U zum Brenner A: $3 + 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 9 + 2 = 39$ m. Es iſt daher zuläſſig, für jedes Meter der Leitung

$$7{,}5 : 39 = \infty\ 0{,}2 \text{ mm}$$

an Druck zu verlieren.

Stündliche Gasförderung Q in Cub.-Met.	Widerstandshöhen in Millimetern Wassersäule																										
	z_1 für 1 m gerader Leitung bei einer Röhrenweite $d_1 =$									z_3 für ein Knie bei einer Röhrenweite $d_1 =$									z_4 für einen Bogen bei einer Röhrenweite $d_1 =$								
	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,55	3,2	3,8	5,1 cm	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,25	3,2	3,8	5,1 cm	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,25	3,2	3,8	5,1 cm
0,1	0,13	0,01								0,031	0,005								0,009	0,002							
0,2	0,51	0,05	0,016							0,125	0,020	0,007							0,037	0,006	0,002						
0,3	1,15	0,12	0,029	0,008						0,28	0,045	0,015	0,005						0,048	0,013	0,005	0,002					
0,5		0,32	0,082	0,024	0,010						0,125	0,041	0,015	0,008						0,037	0,012	0,005	0,002				
0,7		0,63	0,16	0,047	0,019	0,005					0,25	0,08	0,03	0,015	0,007					0,075	0,024	0,009	0,005	0,002			
1,0			0,41	0,095	0,040	0,009						0,16	0,06	0,03	0,016						0,05	0,018	0,009	0,005			
1,5			0,72	0,21	0,09	0,021	0,007					0,37	0,14	0,07	0,035	0,009					0,11	0,01	0,02	0,011	0,003		
2,0				0,38	0,16	0,037	0,012	0,005					0,24	0,12	0,062	0,015	0,008					0,07	0,04	0,019	0,005	0,002	
3,0				0,86	0,36	0,083	0,027	0,011					0,54	0,27	0,14	0,033	0,017					0,16	0,08	0,04	0,010	0,005	
4,0					0,64	0,15	0,048	0,020						0,48	0,25	0,06	0,030						0,14	0,08	0,018	0,009	
5,0						0,23	0,075	0,031	0,007						0,41	0,10	0,048	0,015						0,12	0,03	0,014	0,005
6,0						0,33	0,11	0,045	0,011						0,56	0,14	0,068	0,021						0,17	0,04	0,020	0,006
7,0						0,45	0,15	0,061	0,014						0,76	0,18	0,09	0,029						0,23	0,05	0,027	0,009
8,0							0,19	0,080	0,019							0,24	0,12	0,038							0,07	0,036	0,011
9,0							0,24	0,102	0,024							0,31	0,15	0,048							0,09	0,045	0,014
10,0							0,30	0,13	0,029							0,38	0,19	0,059							0,11	0,057	0,018
12,0							0,43	0,18	0,042							0,55	0,27	0,085							0,16	0,08	0,025
15,0							0,67	0,31	0,065							0,85	0,42	0,13							0,25	0,13	0,039
20,0								0,50	0,116								0,76	0,24								0,23	0,072

Da nun nach Gleichung 8

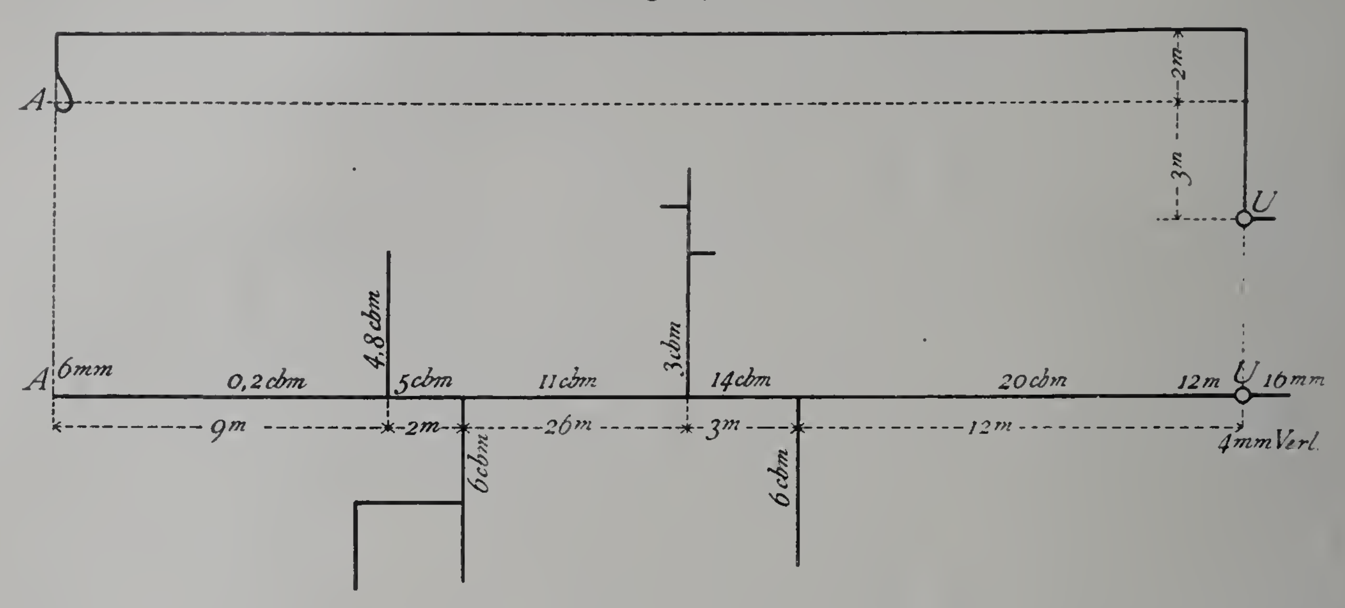
$$z = l\,\frac{Q^2}{d_1{}^5} \quad \text{oder} \quad d_1 = \sqrt[5]{\frac{l\,Q^2}{z}}$$

ift, fo gewinnt man für die Röhrenweite zwifchen Gasuhr und erfter Zweigröhre, weil $Q = 20$, $l = 1$ und $z = 0{,}2$,

$$d_1 = \sqrt[5]{\frac{1 \cdot 20^2}{0{,}2}} = 4{,}6 \text{ Centim.}$$

Diefe Röhrenweite kommt im Handel nicht vor, wefshalb die nächft gröfsere $d_1 = 5{,}1$ Centim., welche nur $z_1 = 0{,}116$ mm Druckverluft für 1 m, oder die nächft kleinere, $d_1 = 3{,}8$ cm, welche $0{,}5$ mm Druck-

Fig. 17.



verluft für 1 m Leitungslänge verurfacht, zu wählen ift. Im erfteren Falle würde ein gröfserer Druckverluft, im letzteren ein kleinerer, als der mittlere von $0{,}2$ mm, für den Reft der Leitung verfügbar bleiben.

Es fei $5{,}1$ cm Röhrenweite gewählt. Hinter der erften Zweigröhre find noch $20 - 6 = 14$ cbm zu fördern, welche in einer $3{,}8$ cm weiten Röhre für 1 m Länge

$$z_2 = \frac{1 \cdot 14^2}{3{,}8^5} = 0{,}247 \text{ mm}$$

Widerftand verurfacht; im folgenden Abfchnitt, welcher $14 - 3 = 11$ cbm Gas zu leiten hat, erzeugt die $3{,}8$ cm weite Röhre

$$z_2 = \frac{1 \cdot 11^2}{3{,}8^5} = 0{,}153 \text{ mm}$$

Widerftand. Nunmehr mindert fich die Gasmenge auf $11 - 6 = 5$ cbm, welche die $2{,}55$ cm weite Röhre mit

$$z_3 = 0{,}23 \text{ mm}$$

Widerftand fördert. Bis hierher find von der verfügbaren $7{,}5$ mm verbraucht:

$$(5 + 12)\,0{,}116 + 3 \cdot 0{,}247 + 11 \cdot 0{,}153 + 2 \cdot 0{,}23 = 4{,}856 \text{ mm},$$

fo dafs für den Reft $(9 + 2$ m$)$ noch $7{,}5 - 4{,}856 = \backsim 2{,}64$ mm verwendet werden können. Man mufs jedoch, wie aus der Tabelle hervorgeht, die $0{,}55$ cm weite Röhre wählen, welche nun $(9 + 2)\,0{,}05 = 0{,}55$ mm Widerftand leiftet.

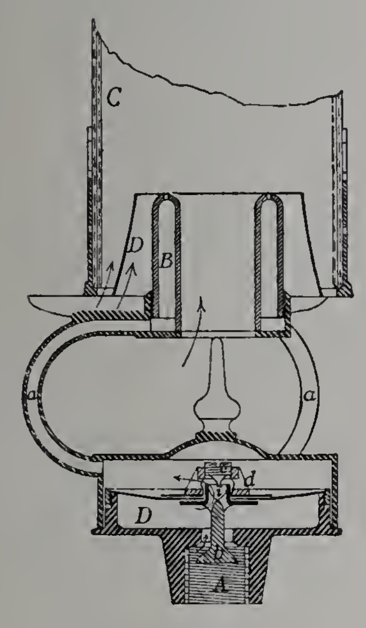
44. Druckregler.

Trotz forgfältigfter Beftimmung der Röhrenweiten und Anordnung der Röhrenftränge ift man nicht im Stande, auch nur annähernd gleiche Drücke in den Brennern zu erhalten, was eine gute Ausnutzung des Gafes, wie oben näher erörtert, vorausfetzt. Aber felbft, wenn es gelungen wäre, diefe gleichmäfsige Druckvertheilung für einen Zuftand zu gewinnen, fo würde diefelbe für alle übrigen Benutzungsarten der Anlage nicht eintreten können, indem durch Ausfchliefsen eines Raumes von der Beleuchtung, oft durch Abfperren einiger Brenner, die Bewegungshinderniffe des Gafes vermindert werden, alfo der Gasdruck eine Erhöhung erfährt. In weit höherem Mafse als durch die Wechfel, die in der Benutzung der Brenner eines Haufes ftattfinden, wird der Gasdruck beeinflufst durch den wechfelnden Gasverbrauch einer

Strafse oder eines Stadtviertels. Man ift daher gezwungen, die Leitung fo einzurichten, dafs **mindeftens** der erforderliche, fonft ein höherer Druck vor jedem Brenner vorhanden ift. Die Hähne, mit welchen der Gaszuflufs fonft abgefperrt wird, dienen alsdann gleichzeitig zur Droffelung oder entfprechenden Verminderung des Druckes.

Da die Bedienung der Hähne einige Sorgfalt und viele Zeit beanfprucht, fo hat man durch Einfchaltung fog. **Druckregler** in das Röhrennetz die Druckfchwankungen in engere Grenzen gefchloffen oder aber unter jeden Brenner einen folchen Druckregler angebracht. Durch erftere wird in geringerem, durch letztere in höherem Mafse eine Gleichmäfsigkeit des Druckes erzielt.

Fig. 18.



Argand-Brenner mit Druckregler. — 1/2 w. Gr.

Die unten verzeichnete Quelle [54]) enthält eine Ueberficht der vorkommenden Druckregler; hier mag die Anführung eines Beifpieles genügen.

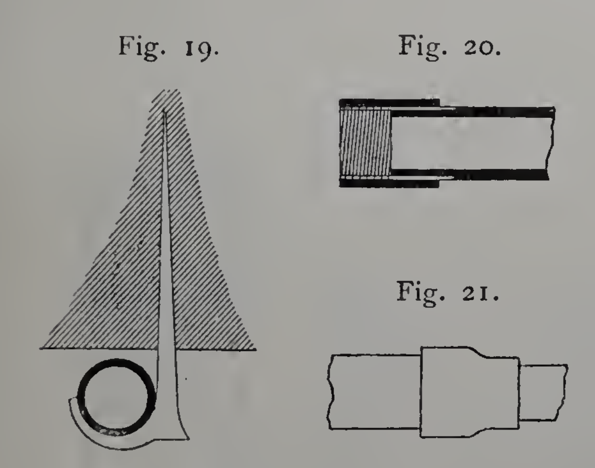
Fig. 18 ift ein Durchfchnitt deffelben; der obere Theil der Figur befteht aus dem Argand-Brenner, der keiner weiteren Erläuterung bedarf. Das Gas gelangt aus der in die Tülle *A* gefchraubten Röhre zunächft in den Druckregler, durchftrömt denfelben in der Weife, wie die eingezeichneten Pfeile angeben, und gelangt durch die drei Röhrchen *a* in den Brennerkopf *B*. Ueber *A* befindet fich eine ventilfitzartige Verengung, gegen deren kegelförmige Fläche fich unter Umftänden der Kegel *b* legt. Der letztere ift an einer Gummiplatte befeftigt, welche die Decke der kreisrunden Kammer *D* bildet. So fern nun der Gasdruck in *D* ein gewiffes Mafs überfchreitet, wird die Gummiplatte und mit ihr der Kegel *b* gehoben, fomit die ringförmige Gaszuftrömungsöffnung verengt und der Druck in *D* vermindert. In *D* mufs ein höherer Druck herrfchen als in *B*, weil die Bewegungshinderniffe von *D* nach *B* überwunden werden müffen. Die Verfertigung des Ganzen kann nicht fo forgfältig fein, dafs die Widerftände immer diefelben find; defshalb hat man in den kronenförmigen Körper *d* eine Schraube mit Spitze *e* gefetzt, durch welche die Ausftrömungsöffnung im Hals *i* nach Bedarf verengt werden kann.

45.
Schmiedeeiferne Leitungen.

Die Hausleitungen werden meiftens aus fchmiedeeifernen Röhren und zugehörigen Verbindungsftücken hergeftellt und mittels Rohrhaken (Fig. 19) an den Wänden oder Decken befeftigt.

Die im Handel vorkommenden fchmiedeeifernen Röhren haben die im I. Theile des vorliegenden Handbuches (Band 1: Die Technik der wichtigeren Bauftoffe, Abfchn. 1, Kap. 6: Eifen und Stahl, unter g) angegebenen Abmeffungen.

Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21.



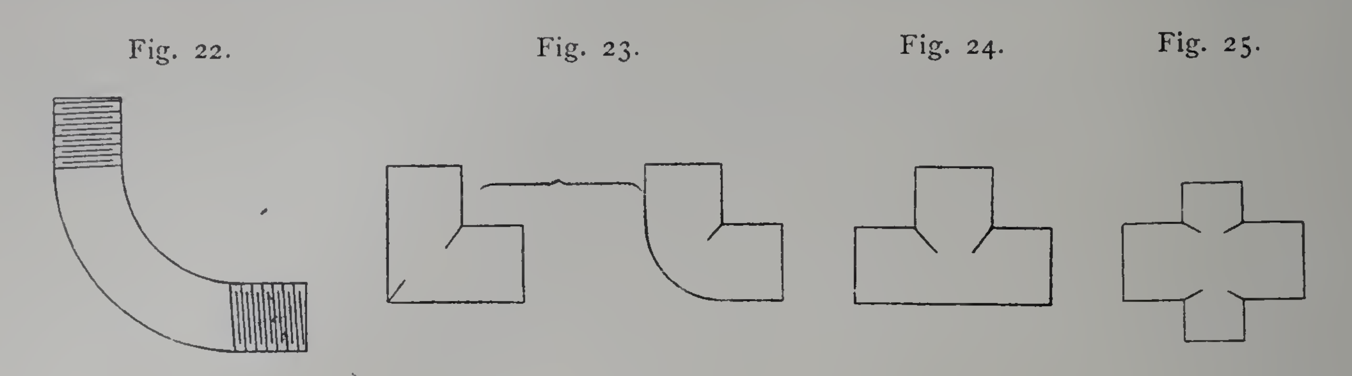
Die einzelnen Röhrenftücke, welche in Längen von 2,5 bis 3,6 m geliefert werden, verlängert man mittels Muffen (Fig. 20), in welche die mit Gewinden verfehenen Rohrenenden je bis zur Mitte — unter Anwendung von Mennige-Kitt und Hanf — eingefchraubt werden. Ift man nicht im Stande, zu diefem Zwecke eine der Röhren zu drehen, fo mufs man ein fog. Langgewinde anwenden. Das Ende der einen Röhren ift alsdann mit einem fo langen Gewinde verfehen, dafs die Muffe auf derfelben vollftändig Platz hat. Nachdem die Röhre der anderen gegenüber in die

[54]) Zeitfchr. d. Ver. deutfcher Ing. 1883, S. 241, 3:5.

richtige Lage gebracht ift, dreht man die Muffe fo lange, bis fie den Röhrenftofs richtig deckt.

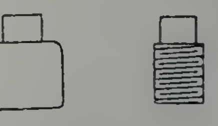
Verjüngungen des Röhrenftranges erzielt man mittels der Verjüngungsmuffe (Fig. 21), Biegungen deffelben durch Biegen der Röhre, meiftens aber mit Hilfe

Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24. Fig. 25.



von Bogen- (Fig. 22) oder Knieftücken (Fig. 23). Zweigröhren werden mit Hilfe der T-Stücke (Fig. 24) oder Kreuzftücke (Fig. 25) angefchloffen. Beide find mit innerem Gewinde verfehen und verbinden demnach mit ihrem eigentlichen Zweck denjenigen der Muffen. Indem man den einzelnen Zweigen der Kreuz- und T-Stücke verfchiedene Weiten giebt, kann man diefelben auch zur Verjüngung der Leitung benutzen. Den Endabfchlufs der Leitungen bringt man hervor durch Kappen (Fig. 26), die mit innerem Gewinde, oder durch Stöpfel oder Pflöcke (Fig. 27), welche mit äufserem Gewinde verfehen find.

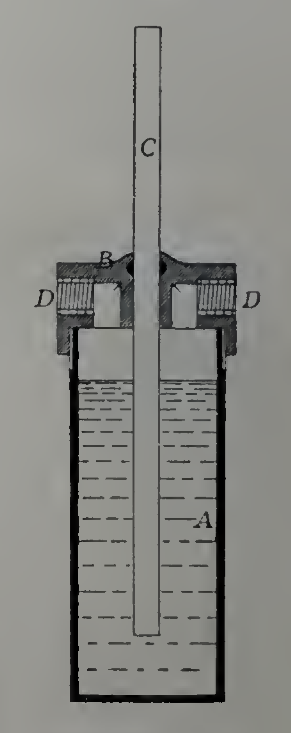
Fig. 26. Fig. 27.



46.
Prüfung der Leitungen.

Die gröfste Sorgfalt beim Legen der Röhren bietet allein keine fichere Bürgfchaft für die genügende Dichtheit der Leitung; es bedarf hierzu vielmehr einer regelmäfsigen Prüfung. Die Gasarbeiter begnügen fich oft, nach der Herftellung einer Verbindung die Luft aus dem andererfeits abgefperrten Röhrenftrang zu faugen und dann die Zunge vor das freie Ende der Röhre zu legen. Ift nach einiger Zeit das Abheben der Zunge noch erfchwert, fo erklären fie den betreffenden Theil der Leitung für dicht. Diefes Verfuchsverfahren ift indeffen nicht genügend; man follte vielmehr immer mit dem Manometer arbeiten. Eine zweckmäfsige Form eines folchen läfft Fig. 28 erkennen.

Fig. 28.



Waffer-Manometer.
1/4 w. Gr.

Eine fchmiedeeiferne Röhre A ift an einem Ende zugefchweifst und oben mit einer Kappe B luftdicht verfchloffen. In B find drei Bohrungen angebracht, nämlich eine in der Mitte, in welche eine Glasröhre C eingedichtet ift, und zwei feitwärts liegende D, D. Eine der letzteren ift mit dem Anfang der Leitung verbunden, während die andere eine Art Mundftück enthält. In A ift Waffer gegoffen. Nachdem ein Theil der Leitung gelegt ift, fchliefst man deren Ende und bläst kräftig in das Mundftück D, fo dafs das Waffer entfprechend hoch in C auffteigt. Nunmehr fchliefst man das Mundftück mit dem Daumen oder auch mittels eines eingefchalteten Hahnes und beobachtet den Wafferfpiegel; finkt derfelbe nicht, fo ift die Leitung dicht; fenkt er fich aber mit einiger Gefchwindigkeit, fo mufs die undichte Stelle aufgefucht werden. Dies gefchieht, indem man die verdächtigen Stellen mit Seifenwaffer beftreicht; die austretende Luft bildet Blafen, welche den Ort der Undichtheit leicht erkennen laffen. Wiederholt man den Verfuch nach Fertigftellung je einer ferneren Strecke, fo hat man die etwaigen Fehler immer nur innerhalb eines kleineren Raumes zu fuchen und kann, wenn die Leitung verdeckt werden foll, die Putzarbeit dem Röhrenlegen unmittelbar folgen laffen.

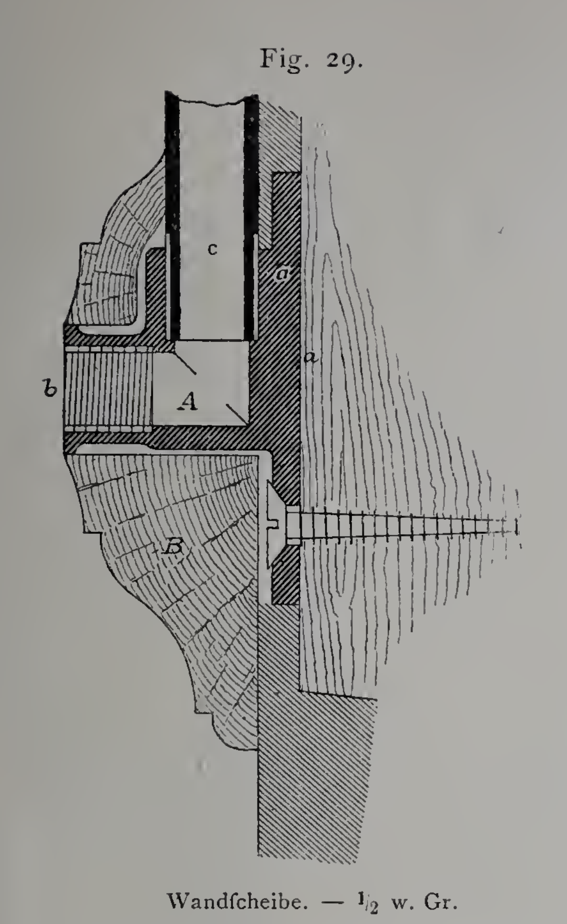


Fig. 29.

Wandfcheibe. — 1/2 w. Gr.

47. Decken- u. Wand-fcheiben.

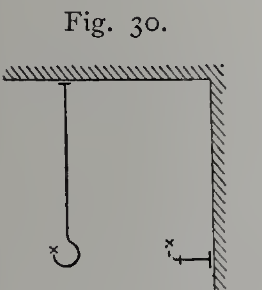
Die nach den Brennern führenden Röhren werden an den Leitungen entweder mit Hilfe der Knie- oder **T**-Stücke befeftigt, in welchem Falle in unmittelbarer Nähe derfelben ein Rohrhaken eingefchlagen ift, oder es wird eine Wand- oder Deckenfcheibe (Fig. 29) eingefchaltet.

Diefelbe befteht aus einem Meffingwinkel *A* mit breitem Fufs *a*, mit Hilfe deffen der Winkel an die Schalung der Decke oder an einen in die gemauerte Wand eingegypsten Holzklotz befeftigt wird. In *c* endet die betreffende Leitungsröhre; in *b* wird die Röhre befeftigt, welche zum Brenner führt. Des guten Ausfehens halber wird die Decken- oder Wandfcheibe *Aa* mittels einer hölzernen oder metallenen Scheibe *B* verdeckt. Schwere Kronleuchter erfordern eine befondere Aufhängung.

48. Kugelgelenke.

Die in *b* (Fig. 29) zu fchraubende fchmiedeeiferne oder Meffingröhre wird fehr häufig als Steifröhre ohne Weiteres, nur unter Einfchaltung eines Hähnchens, bis zum Brenner fortgeführt, wie Fig. 30 erkennen läfft. Lange hängende Steifröhren geben, in Folge zufälliger Seitendrücke, Veranlaffung zu Undichtheiten an der Deckenfcheibe. Man fchaltet, um diefe zu vermeiden, Kugelgelenk (Fig. 31) ein. Der Deckel *b* derfelben wird durch das Gewicht der Röhre *c* nebft Zubehör fo gegen die Kugel *a* gedrückt, dafs eine vollftändige Dichtheit der beweglichen Verbindung gefichert ift.

Fig. 30.

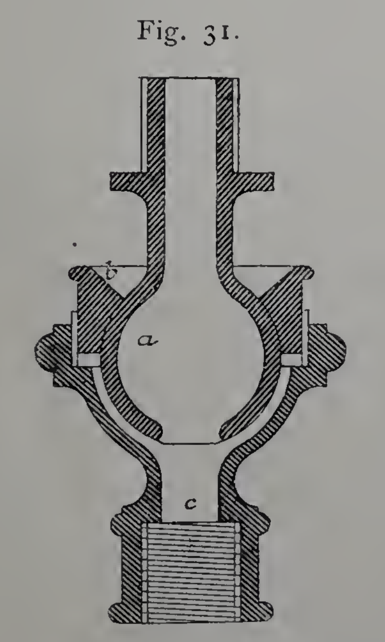


49. Bewegliche Einrichtungen.

Behuf Gewinnung der Möglichkeit, den Ort des Brenners verändern zu können, find die folgenden Einrichtungen im Gebrauch.

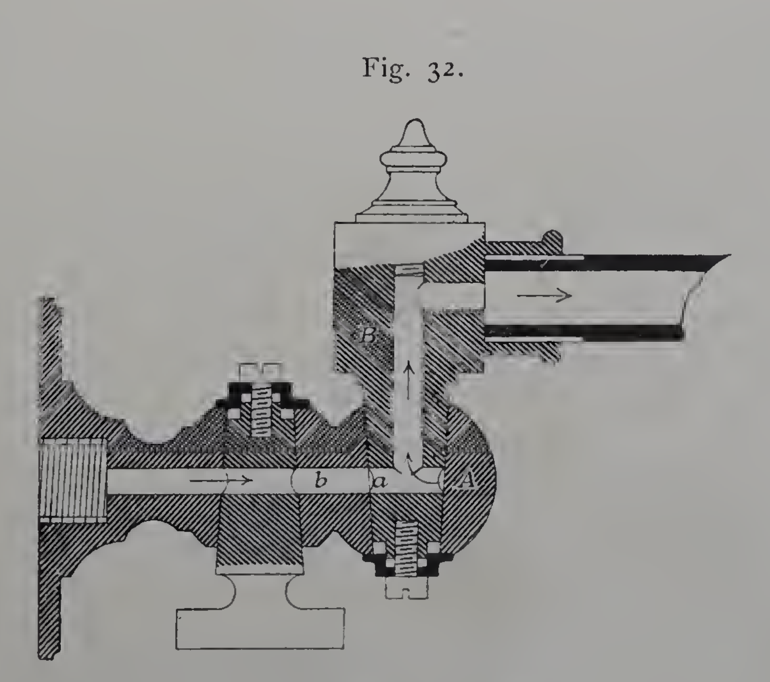
Die freiefte Beweglichkeit gewährt die Einfchaltung eines **Schlauches** zwifchen Wandfcheibe und Brenner, bezw. Lampe. Der Gummifchlauch pflegt nach einigem Gebrauch einen unangenehmen Geruch zu verbreiten, wefshalb das **Gelenkrohr** (Fig. 32) häufiger im Gebrauch ift.

Fig. 31.



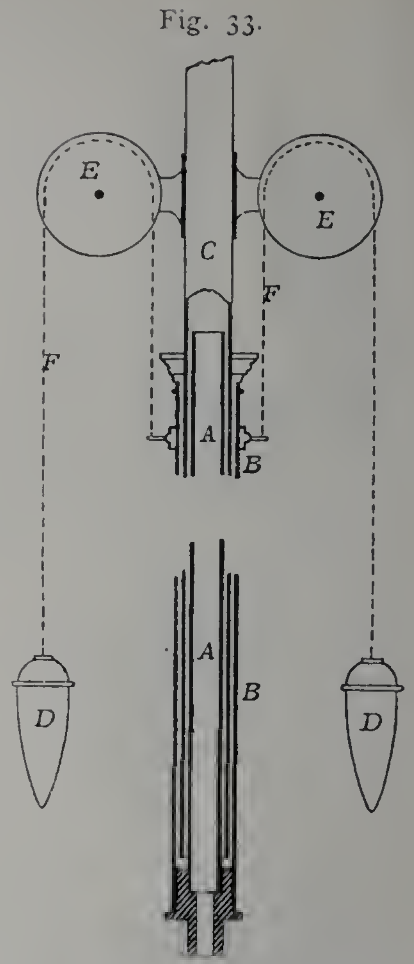
Kugelgelenk. — 1/2 w. Gr.

Fig. 32.



Gelenkrohr. — 2/3 w. Gr.

Daffelbe enthält ein oder mehrere Gelenke; der Rohrkopf *A* ift kegelförmig gebohrt und nimmt den Zapfen des Rohrkopfes *B* auf. Diefer Zapfen ift bei *a* mit einer Rille verfehen (oder der Rohrkopf *A* mit einer ringsumlaufenden Ausfparung), fo dafs das von *b* zuftrömende Gas den Zapfen von *B* ringsum befpülen, alfo in jeder Stellung des Kopfes *B* gegenüber *A* in die Bohrung des erfteren gelangen kann.



Wafferzug. — 1/10 w. Gr.

50. Wafferzüge.

Während das Gelenkrohr für folche Flammen beliebt ift, welche von einer Wand aus mit Gas gefpeist werden, zieht man für diejenigen Brenner, welche an der Decke hängen, in der Länge veränderliche Rohre vor. Theils wird die Veränderlichkeit der Länge durch ftopfbüchfenartige Verbindungen erzielt, theils verwendet man den fog. Wafferzug (Fig. 33).

Die mit den Brennern in fefter Verbindung ftehende Röhre *A* ift von einer gleichaxigen Röhre *B* fo umgeben, dafs ein ringförmiger, unten gefchloffener Hohlraum entfteht. In diefen mit Waffer gefüllten Hohlraum taucht das untere Ende der an der Decke befeftigten Gasröhre *C*. Das Waffer bildet hiernach einen dichten Verfchlufs zwifchen der feften Röhre *C* und der beweglichen Röhre *A*. Das Gewicht der letzteren nebft allem Zubehör mufs ausgeglichen werden, was durch Gegengewichte *D*, welche an den über die Rollen *E* gelegten Ketten *F* hängen, erfolgt. Dasjenige Waffer, welches durch Verdunftung aus dem Verfchlufs entfernt wird, mufs von Zeit zu Zeit erfetzt werden.

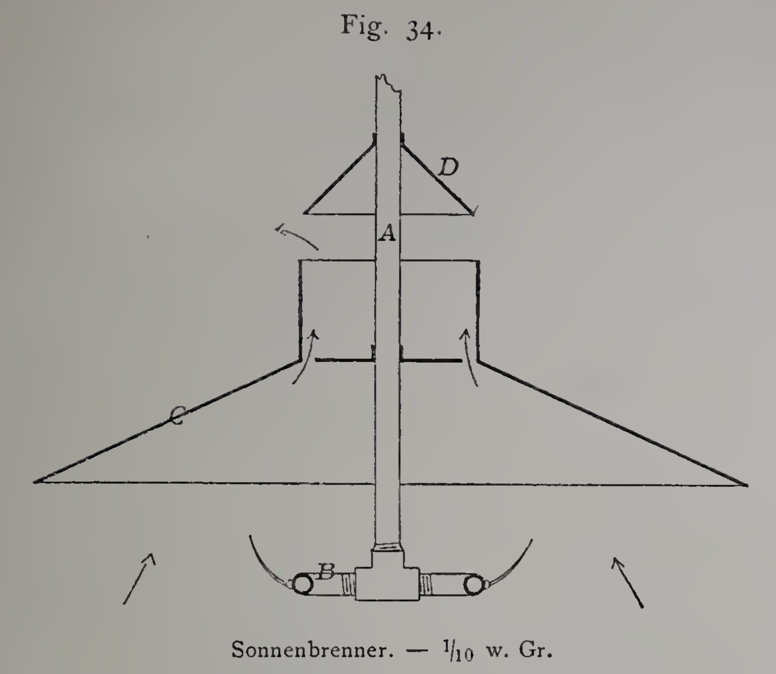
c) Flammengruppen.

51. Gaskronen u. Sonnenbrenner.

Obgleich die vortheilhaftefte Ausnutzung des Leuchtgafes gewonnen werden würde, wenn man die einzelnen Flammen in einer Ebene, deren Höhenlage früher angegeben ift, gleichmäfsig vertheilt, fo pflegt man, um ein befferes Ausfehen zu gewinnen, die Flammen in Gruppen zufammenzufaffen, fog. Gaskronen anzuwenden. Hierbei wird die Zahl der lothrechten, den freien Raum durchfchneidenden Röhren wefentlich verringert. In einzelnen Fällen ift man in der Sammlung der Flammen zu Gruppen noch weiter gegangen: man hat fog. Sonnenbrenner hergeftellt. Das Wefentlichfte des Sonnenbrenners befteht in einer derartigen Sammlung der Einzelflammen, dafs eine einzige, ringförmige Flamme gebildet wird, und in einer ficheren Luftzuführung. Der Sonnenbrenner erinnert fonach an den Argand-Brenner. Um von der grofsen Lichtquelle aus, welche der Sonnenbrenner gewährt, eine einigermafsen gleichförmige Beleuchtung zu erreichen, bringt man denfelben in gröfserer Höhe, oft unmittelbar unter der Decke, an und mufs defshalb durch glänzende oder doch hell gefärbte Flächen das nach oben fallende Licht zurückwerfen. Fig. 34 ftellt einen Sonnenbrenner dar, welcher zur Beleuchtung der Hörfäle in der technifchen Hochfchule zu Braunfchweig verwendet wird.

A bezeichnet die Gaszuführungsröhre, welche in der ringförmigen, mit 18 Brennern verfehenen Röhre *B* endigt. An der Röhre *A* hängt zunächft ein unten weifs geftrichener Schirm *C*, welcher fowohl das Licht nach unten zu werfen hat, als auch für die Führung der Luft forgt. Die Verbrennungsgafe entweichen durch einen trommelförmigen Auffatz und werden mittels des Trichters *D* zur Seite gelenkt, damit die Zimmerdecke möglichft vor der Einwirkung der heifsen Gafe gefchützt wird. Zur Verhütung zu ftarker Luftftrömungen ift im Hals des Schirmes eine wagrechte Platte angebracht, welche einen ringförmigen Spalt von nur 1 cm Weite für die Abftrömung der Gafe frei läfft. Der Brenner erleuchtet in 4 m Höhe über dem Fufsboden fowohl die 3,9 m entfernte Wand (mit Tafel), als auch die Plätze der Studirenden in einem Kreife von 3 m Halbmeffer vollkommen deutlich.

Fig. 34.



Sonnenbrenner. — 1/10 w. Gr.

Der Schirm *C* wirft nach der Decke zu einen fcharfen Schatten, der eine um fo gröfsere Fläche bedeckt, je tiefer der Sonnenbrenner unter der Decke angebracht ift. In Fällen, in denen es auf möglichft gleichförmige Erhellung des betreffenden Raumes ankommt, wird in Folge deffen der beabfichtigte Zweck nur theilweife erreicht; bei reicherer Ausftattung der Decken werden aus gleichem Grunde etwa vorhandene Stuckverzierungen, Malereien, Täfelungen u. f. w. verdunkelt. Um diefe Uebelftände zu verhüten, werden in dem gedachten Schirm zahlreiche Schlitze angebracht und in diefe Glimmer- (*Mica*-) oder Milchglas-Platten eingefetzt.

Die Zahl der Flammen, die in einem Sonnenbrenner vereinigt werden, ift ungemein verfchieden; man hat Sonnenbrenner mit nur 6, allein auch folche mit 200 und mehr Flammen. Dem entfprechend fchwankt auch der untere Durchmeffer des trichterförmigen Schirmes etwa zwifchen 40 und 170 cm.

52. Abführung der Verbrennungsgafe.

Die bisher befchriebenen Brenner mit Zubehör führen die Verbrennungsgafe dem erleuchteten Zimmer zu. Die befonders unangenehmen derfelben, die Schwefelverbindungen, treten in fehr geringen Mengen auf; dagegen wirken die eigentlichen Verbrennungsgafe, Wafferdampf und Kohlenfäure, ihrer grofsen Menge halber, fehr verunreinigend auf die Luft des beleuchteten Raumes. Auch kann die Wärmeentwickelung oft höchft beläftigend fein.

Als Mittelwerthe kann man annehmen, dafs 1 cbm Gas 0,9 bis 1,6 kg Kohlenfäure, 0,8 bis 1,3 kg Wafferdampf und 4000 bis 7000 Wärmeeinheiten entwickelt. Hiernach liegt die Berechtigung des Wunfches vor, die Mifchung der Verbrennungsgafe mit der Zimmerluft zu verhindern.

Man hat zu diefem Zwecke die Lichtflammen durch Glaswände vom Zimmer abgefperrt oder auf andere Art dafür geforgt, dafs die Verbrennungsgafe ficher abgeführt werden.

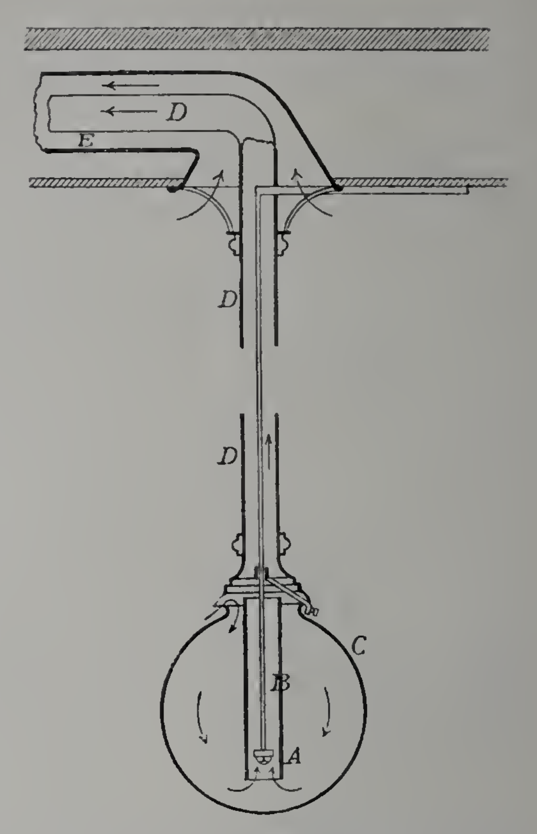
Erfteres ift verhältnifsmäfsig leicht durchzuführen für Räume, in welche auch das Tageslicht durch die Decke einfällt. Die mit Spiegeln verfehenen Lampen find auf einem oder mehreren Wagen befeftigt und werden, fobald die Dunkelheit es verlangt, über die Glasdecke gefahren. Es fei erwähnt, dafs die zu entwickelnde Lichtmenge, theils wegen der gröfseren Entfernung der Flammen von den zu beleuchtenden Gegenftänden, theils wegen des Lichtverfchluckungsvermögens des Glafes (fiehe die Angaben in Art. 10, S. 10 u. ff.) wefentlich gröfser fein mufs, als wenn die Flammen in der wie oben angegebenen Höhe frei im zu beleuchtenden Raume angebracht find. Ueber der Glasdecke mufs, behufs Abführung der Rauchgafe und der Wärme, ein lebhafter Luftwechfel erhalten werden.

Fig. 35 verfinnlicht die Einrichtung, welche beftimmt ift, von einem Argand-Brenner fämmtliche Rauchgafe und wenigftens einen erheblichen Theil der Wärme abzuleiten.

A bezeichnet den Brenner, *B* deffen Zugglas, *C* eine Milchglaskugel, welche an ihrem oberen Ende fo aufgehängt ift, dafs man fie behuf des Entzündens der Flamme abnehmen kann. In Folge der Erwärmung der Luft in der Glasröhre *B* wird vom oberen Rand der Kugel die erforderliche Verbrennungs-

luft herabgesaugt. Die Verbrennungsgase entweichen durch die Röhre D nach oben und saugen eine, wenn auch kleine Luftmenge durch den Spalt über dem Rande der Kugel C an; sie werden ferner durch eine weitere, im Gebälk untergebrachte Röhre E geführt, deren Luft sie erwärmen, so dass, wenn E schliesslich in einen lothrechten Schacht mündet, auch diese Luft in lebhaften Fluss gelangt. Die hierdurch hervorgebrachte Luftabführung hat vorwiegend den Zweck, eine genügende Wärmeabfuhr von der Röhre D zu veranlassen.

Fig. 35.



Rickets' Kugellicht. (*Benham & Sons* in London.)
1/15 w. Gr.

Fig. 36 stellt einen ähnlich eingerichteten Kronleuchter in lothrechtem Schnitt dar.

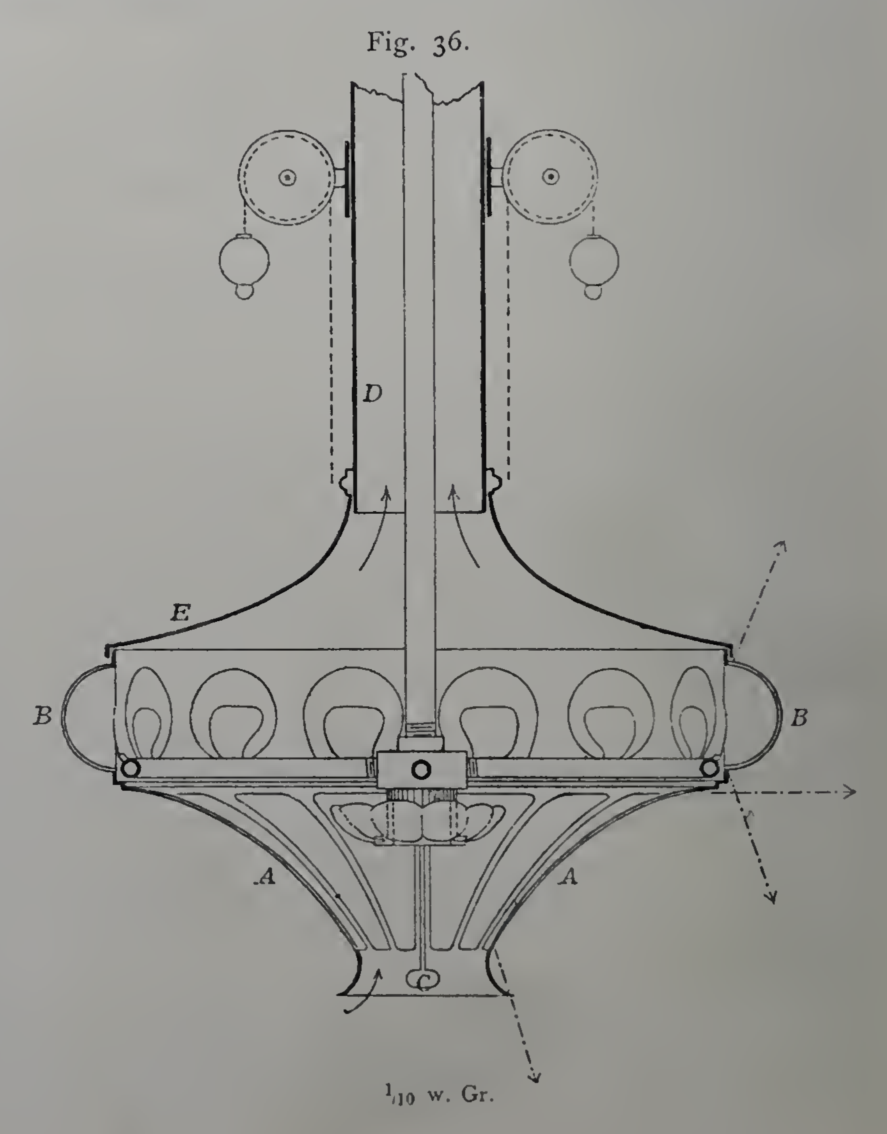
Es sind zwei Flammenringe über einander angebracht, die ihr Licht durch die Glasflächen A und B in den Raum senden. Der Gaszufluss erfolgt durch die in der Mitte von D liegende schmiedeeiserne Röhre; er wird mit Hilfe eines Hahnes geregelt, der bei C gedreht werden kann. Die Röhre D führt die Gase ab. Behuf des Anzündens wird der Deckel E, dessen Gewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ist, gehoben.

Endlich giebt Fig. 37 einen Sonnenbrenner im Schnitt. Derselbe ist in die Decke gelegt gedacht. Es ist zu der Figur noch zu bemerken, dass E auf der Gasröhre verschiebbar ist, um die Weite des Luftabströmungsringes genau einstellen zu können.

Die Sonnenbrenner wurden im Vorstehenden nur als »Beleuchtungsmittel« betrachtet. Wie indess Fig. 36 u. 37 bereits andeuten, dienen die Sonnenbrenner auch als »Mittel zur Lüftung« der betreffenden Räume; hiervon und von den Sicherungen, welche in Folge der starken Wärmeentwickelung an Decken- und Dachgebälken vorgenommen werden müssen, wird noch bei der »Heizung und Lüftung der Räume« (Kap. 8, unter a) gesprochen werden; auch finden sich dort weitere Abbildungen von Sonnenbrennern.

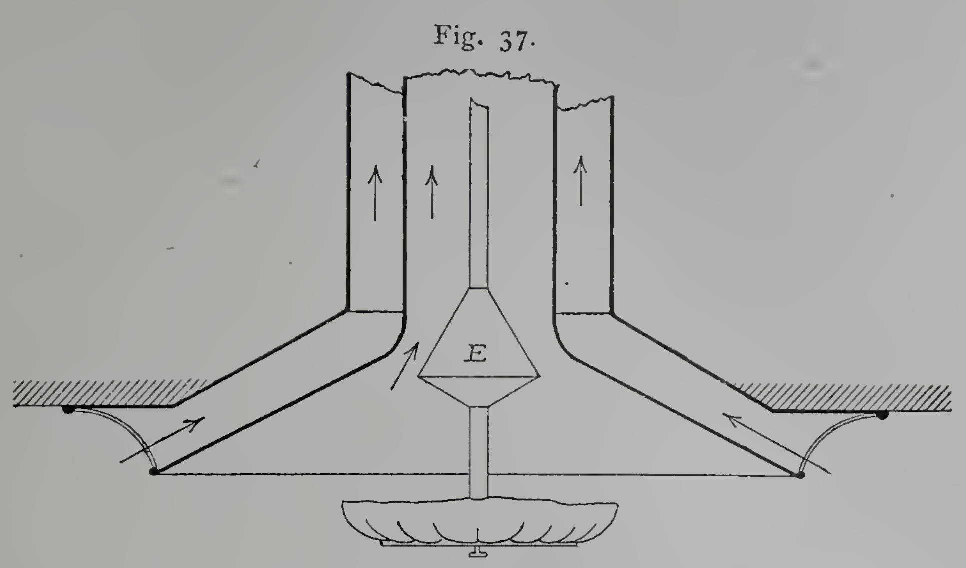
Uebrigens eignen sich die in Art. 32 (S. 33) besprochenen Lampen, bei denen eine Verwärmung der Verbrennungsluft stattfindet, ausnahmslos zur Verwendung im vorliegenden Sinne, indem aus anderen Gründen bereits eine geregelte Ableitung der Rauchgase stattfindet.

Fig. 36.



1/10 w. Gr.

Fig. 37.



Sonnenbrenner. — $^{1}/_{10}$ w. Gr.

Anderweitige hierher gehörige Einrichtungen find u. A. zu finden in:

BÖHM, J. Sonnenbrenner, Ventilation und Heizung. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1860, S. 82, 94.

HESSE. Beleuchtung und Ventilation im *Buckingham Palace* zu London, *Théâtre impérial du Chatelet* zu Paris, *Théâtre de la gayeté* zu Paris. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 538.

Der Sonnenbrenner. Polyt. Journ., Bd. 168, S. 24. Polyt. Centralbl. 1863, S. 672.

KOCH, F. Beleuchtung des Stationsfaals im Gebäude der Telegraphen-Direction in Berlin durch Sonnenbrenner. Zeitfchr. f. Bauw. 1864, S. 462.

BÖCKMANN. Ueber die Anwendung der Sonnenbrenner in öffentlichen und Gefchäftslocalen in London. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 72, 75.

PARDOW & GOEBBELS. Sonnenbrenner im König-Wilhelm-Gymnafium in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 348.

Plafond-Luftre im Wiener Stadttheater. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1873, S. 391.

An improved method of removing the products of gas combuftion. Building news, Bd. 39, S. 698.

The Fifher fun-burner. Architect, Bd. 25, S. 35.

Boyle's ventilating gaz fixtures. Engineer, Bd. 51, S. 54.

Boyle's improved method of drawing off the products of combuftion and heat arifing from gaz. Sanit record, Bd. 12, S. 279, 392.

Literatur

über »Gasbeleuchtung« [55]).

α) Allgemeines.

MACCAUD. Vorrichtung, um das Entweichen von Gas zu entdecken. *Bulletin de la foc. d'encourag.* 1854, S. 363. Polyt. Centralbl. 1854, S. 1311. Polyt. Journ., Bd. 134, S. 133.

MARX. Ueber die zweckmäfsigfte Weite der Gasbrenner. Polyt. Journ., Bd. 137, S. 49. Polyt. Centralbl. 1855, S. 994.

Tuyaux de conduite pour le gaz; application à cet ufage de la gutta-percha. Revue gén. de l'arch. 1853, S. 374; 1857, S. 53.

Gas and gas-lighting. Builder, Bd. 17, S. 769.

FOURNIER. Neues Verfahren, die undichten Stellen in den Leitungsröhren der Gasbeleuchtungen zu entdecken. Allg. Bauz. 1860, S. 235.

SCHILLING, N. H. Handbuch der Steinkohlengas-Bereitung. München 1860. — 3. Aufl. 1878.

Éclairage au gaz des mufées et des galeries de tableaux. Revue gén. de l'arch. 1860, S. 238.

SCHNUHR. Ueber Anlage der Gasleitungen und über Urfachen und Ermittelung der Undichtheiten derfelben. Zeitfchr. f. Bauw. 1862, S. 537.

Éclairage des écoles. Revue gén. de l'arch. 1862, S. 11.

Nombre total de becs de gaz d'une école, et nombre des becs en raifon du nombre d'enfants. Revue gén. de l'arch. 1862, S. 13.

[55]) So weit diefelbe für den Architekten in Frage kommt.

AUDOUIN & BERARD. Die Leiſtungen verſchiedener Gasbrenner. Polyt. Centralbl. 1863, S. 267.

HEEREN. Der Cantagrel'ſche Apparat zum Auffuchen undichter Stellen. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1865, S. 211. Polyt. Journ., Bd. 179, S. 143. Polyt. Centralbl. 1866, S. 29.

ARSON, MONARD & HONORÉ. *Expériences ſur l'écoulement des gaz en longues conduites faites dans les uſines de la Compagnie Pariſienne d'éclairage et de chauffage par le gaz, par ordre de* M. DE GAYFFIER *et* DE M. CAMUS. Paris 1867.

ANSELL. Apparat zur Ermittelung von Gas-Entweichungen. Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1867, S. 498. Polyt. Journ., Bd. 223, S. 546.

POLE. Zur Theorie der Gasbrenner. Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1870, S. 765.

Éclairage des écoles de deſſin de la ville de Paris. Revue gén. de l'arch. 1870—71, S. 129.

ILGEN, F. H. W. Die Gasinduſtrie der Gegenwart etc. Halle 1873.

Nouveau ſyſtème d'allumage des becs de gaz par l'électricité. (Syſtème Gaiffé.) Gaz. des arch. et du bât. 1873, S. 184.

Éclairage des théâtres. Revue gén. de l'arch. 1861, S. 102; 1873, S. 133.

TIEFTRUNK. Die Gasbeleuchtung. Stuttgart 1874.

GIROUD's Apparate für Gasleitungen und Gasprüfung. Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1874, S. 126.

De l'allumage inſtantanée des becs de gaz par l'électricité. Gaz. des arch. et du bât. 1874, S. 6.

KUHLMANN, F. *De l'éclairage et du chauffage par le gaz au point de vue de l'hygiène.* Paris 1876.

GERMINET, G. *Chauffage et éclairage par le gaz.* Paris 1876.

MONNER, D. *Aide-mémoire pour le calcul des conduites de diſtribution du gaz de l'éclairage et de chauffage.* Paris 1876.

La lumière artificielle. Le gaz et ſes ſousproduits. Monit. induſt. Belge 1876, S. 87.

PATTISON, J. Gasbrenner-Unterſuchungen. *Journ. of gaslighting* 1876, Feb. 1. u. März 28.

The hiſtory of gas-lighting. Builder, Bd. 34, S. 1092, 1141.

Common ſenſe for gas uſers. A catechism of gas-lighting. London 1877.

Der amerikaniſche Gas-Sonnenlicht-Apparat. Ill. Zeitung f. Blechind. 1877, S. 19.

Procédés pour reconnaître les ſuites de gaz. Gaz. des arch. et du bât. 1877, S. 251.

SCHAAR, G. F. Die Steinkohlengasbereitung. Leipzig 1877. — 2. Aufl. 1880.

EYNDHOVEN. Ein praktiſcher Wink für Gasbeleuchtung. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 449.

ILGEN. Die Herſtellung von Privat-Gaseinrichtungen. Ill. Zeitg. f. Blechind. 1878, S. 2, 18, 30, 46, 61, 106, 171.

LÜDICKE, A. Praktiſches Handbuch für Kunſt-, Bau- und Maſchinen-Schloſſer. Weimar 1878.

MENDLIK, A. Die Gasbeleuchtung. Budapeſt 1879.

Neuerungen an Gasregulatoren; von HIRZEL, BULLING, FLÜRSCHEIM, DRESCH, PINTSCH, PIEPERSBERG, ULBRICH. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 513.

Allume-gaz automatique. Semaine des conſt., Jahrg. 3, S. 6.

MÜLLER, K. Ueber die neueſten Fortſchritte der Gasbeleuchtung. Deutſche Bauz. 1879, S. 260.

MÜLLER, A. Die Gasbeleuchtung im Hauſe etc. Wien 1880.

HUGHES, S. *The conſtruction of gas works and the manufacture and diſtribution of coal gas.* London 1853. — 6. Aufl. von W. RICHARDS: 1880.

ANSELL, G. F. Gas-Ausſtrömungs-Anzeiger. Geſundh.-Ing. 1880, S. 14.

BÉRARD, P. *Sur des becs de gaz donnant une lumière d'une grand intenſité. Bulletin de la ſoc. d'encourag.* 1880, S. 304.

SCHOLTZ, A. Conſtruktion und Anlage der Gas- und Waſſerleitungen in Gebäuden, ſowie der elektriſchen und pneumatiſchen Telephone, einſchlieſslich der Telephone und Sprachrohrleitungen. Stuttgart 1881.

DUPOIS, A. *Allumage électrique des becs de gaz. Semaine des conſt.,* Jahrg. 6, S. 76.

Fortſchritte im Beleuchtungsweſen. Geſundh.-Ing. 1882, S. 663.

ROSOY. *Les récents progrès de l'éclairage au gaz. Gaz. des arch. et du bât.* 1882, S. 8, 25, 44.

PLANAT, P. *Inſtallation du gaz dans les théatres. Revue gén. de l'arch.* 1882, S. 107, 164 u. Pl. 21—22.

BRAY, G. *The development of the lighting power of coal gas; with notes on ſtreet and interior lighting. Iron,* Bd. 20, S. 207.

Elektriſche Zündvorrichtung für Einzel- und Gruppenflammen. Deutſche Bauz. 1883, S. 85.

MERRIMAN, O. *Gas-burners, old and new.* London 1884.

ISRAEL. Vorrichtung zur Prüfung der Gasleitungen in öffentlichen Gebäuden. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 172.

ISRAEL. Verſuche über die vortheilhafteſte Beleuchtung von Schul- und Dienſträumen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 414.

Neue Vorrichtung zur Prüfung von Gasleitungen in öffentlichen Gebäuden. Mafchinenbauer 1885, S. 467.
COGLIEVINA, D. Theoretifch-praktifches Handbuch der Gasinftallation. Wien 1889.

Ferner:

SCHILLING's Journal für Gasbeleuchtung und Wafferverforgung. Herausg. v. BUNTE. München. Erfcheint feit 1858.
Journal de l'éclairage au gaz. Herausg. von CHARBONNIER. Paris. Erfcheint feit 1852.
Annuaire général de l'éclairage et du chauffage par le gaz. Herausg. von P. DURAND & E. DURAND. Paris. Erfcheint feit 1873.
The journal of gas-lighting.
American gaslight-journal.

β) Ausgeführte Beleuchtungs-Anlagen.

WERNEKINCK, H. Der Berliner Circus. Gasbeleuchtung. Zeitfchr. f. Bauw. 1853, S. 213.
WAESEMANN. Beleuchtung eines Juwelierladens und deffen Schaufenfter. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 478.
Gasbeleuchtung im Gebäude der Telegraphen-Direction zu Berlin (Sonnenbrenner). Zeitfchr. f. Bauw. 1864, S. 461.
KNOBLAUCH. Die neue Synagoge in Berlin. Gasbeleuchtung. Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 483.
BOHNSTEDT. Stadttheater in Riga. Plafond-Beleuchtung. Zeitfchr. f. Bauw. 1869, S. 200.
Éclairage du théâtre du Vaudeville, à Paris. Revue gén. de l'arch. 1869, S. 275.
Ueber Beleuchtung von Theatern: Hof- und Nationaltheater in München. Rampenbeleuchtung in der Scala zu Mailand. Berliner Theater, fowie die Säle des Poftgebäudes und Telegraphengebäudes. Parifer Theater, fowie einige gröfsere Säle in Paris. Bayer. Ind.- u. Gwbl. 1870, S. 9. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1870, S. 22, 87, 89, 94.
LADD. *Lighting of the Royal Albert-Hall. Mechan. magaz.*, Bd. 25, S. 189.
Éclairage de l'école vétérinaire d'Alfort. Revue gén. de l'arch. 1872, S. 115.
Èclairage de nuit de la falle de féances de la chambre des députés au Palais de Verfailles. Revue gén. de l'arch. 1876, S. 14.
HESSE: Beleuchtung und Ventilation im Buckingham Palace zu London, *Théâtre impérial du Chatelet* zu Paris, *Théâtre de la gayeté* zu Paris. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 538.
KOCH, F. Beleuchtung des Stationsfaals im Gebäude der Telegraphen-Direction in Berlin durch Sonnenbrenner. Zeitfchr. f. Bauw. 1864, S. 462.
PARDOW & GOEBBELS. Sonnenbrenner im König-Wilhelm-Gymnafium in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 348.
HUDE v. d. & HENNICKE. Das Central-Hôtel in Berlin. Beleuchtungs-Anlagen. Zeitfchr. f. Bauw. 1881, S. 181 u. 188.
SCHROETER, O. Die Gasbeleuchtungs-Anlage für den Oeftlichen Anfchlufsbahnhof der Berliner Stadteifenbahn. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1882, S. 37.
Wafferverforgung und Beleuchtungswefen der *Krupp*'fchen Gufsftahlfabrik. II. Beleuchtungswefen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1882, S. 445.
Gasbeleuchtung mit Ventilation und Heizung im Saale des kgl. Odeons in München. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1887, S. 213. Gefundh.-Ing. 1887, S. 185, 223, 289.
Die neue Ventilations-, Beleuchtungs- und Beheizungs-Anlage im kgl. Odeon in München. München 1887.

---

4. Kapitel.

Elektrifche Beleuchtung.

Von Dr. WILHELM KOHLRAUSCH [56]).

a) Einige elektrifche Grundbegriffe.

53. Allgemeines.

Die elektrifchen Grundgröfsen haben für Jeden, dem nicht durch langen Umgang mit denfelben es zur Gewohnheit geworden ift, mit diefen Gröfsen zu arbeiten und zu rechnen, etwas eigenthümlich Fremdartiges. Der Grund dafür ift ohne

[56]) In erfter Auflage bearbeitet durch Herrn Profeffor *Hermann Fifcher* in Hannover.

Zweifel der, dafs wir kein Organ befitzen, um elektrifche Gröfsen in ähnlicher Weife wahrzunehmen, wie wir gelernt haben, räumliche Gröfsen, Gewichte, Geräufche etc. durch Vermittelung der Augen, des Muskelgefühles, der Ohren etc. zu fchätzen und zu beurtheilen. Auch für die Vorftellung und Schätzung der Zeitintervalle fehlt uns allerdings ein befonderes Organ; aber die lebenslange zwangsweife Uebung und die ftete Vergleichung des allmählig fich entwickelnden Zeitgefühles mit dem genaueften der Mefsinftrumente, der Uhr, verhelfen uns hier zu einiger Sicherheit. In ähnlicher Weife ift für die Beurtheilung und Vorftellung elektrifcher Gröfsen eine lange Uebung erforderlich, die das anfänglich rein verftandesmäfsige Rechnen allmählig zum gewohnheitsmäfsigen Denken in elektrifchen Gröfsen werden läfft.

54. Hilfsvorftellungen.

Die Vorftellung der elektrifchen Gröfsen wird durch folgende Ueberlegungen fehr wefentlich erleichtert. Wir denken uns einen beliebig kleinen oder grofsen Wafferbehälter, der lothrecht verfchiebbar und mit einer Anzahl Röhrenableitungen zu einem grofsen See oder dergleichen mit wefentlich conftantem Wafferfpiegel verfehen ift. Ein Pumpwerk liegt zwifchen dem See und dem Wafferbehälter, um letzterem ftets das abgefloffene Waffer wieder zuzuführen. Der Druckunterfchied zwifchen den beiden Wafferoberflächen, der Reibungswiderftand, den das abfliefsende Waffer in der Röhrenleitung erfährt, und, abhängig von beiden, die etwa in Litern für die Secunde zu meffende Wafferftromftärke find die drei hier wefentlich in Frage kommenden Gröfsen. Die Wafferftromftärke wächst mit dem Höhenunterfchiede der Wafferoberflächen, d. h. mit zunehmendem Wafferdruck, und nimmt ab mit zunehmendem Reibungswiderftand, d. h. mit abnehmendem Röhrenquerfchnitt, bezw. zunehmender Röhrenlänge. Der rechnungsmäfsige Zufammenhang diefer drei Gröfsen ift allerdings für die Wafferftrömung nicht einfach.

Beim Elektricitäts-Verbrauch handelt es fich ebenfalls um drei Gröfsen: die elektrifche Spannungsdifferenz am Anfang und am Ende des Stromweges, den elektrifchen Leitungswiderftand derfelben und von beiden abhängig die Stromftärke, welche qualitativ den drei bei der Wafferftrömung in gleicher Reihenfolge hervorgehobenen Gröfsen völlig entfprechen. Wie oben durch das Pumpwerk Waffer von niederem auf höheres Niveau gehoben wird, fo wird durch die Dynamo-Mafchine der elektrifchen Anlage Elektricität von niederer auf höhere Spannung gebracht. Der obere Wafferfpiegel entfpricht dem einen, z. B. pofitiven Pol (Klemme) der Dynamo-Mafchine, der untere Wafferfpiegel der anderen, negativen Mafchinenklemme. Die Wafferleitungen vom höheren zum tieferen Niveau haben diefelbe Bedeutung, wie die äufseren Verbrauchsleitungen der elektrifchen Anlage. In beiden Leitungen wird ein Theil der durch das Pumpwerk, bezw. die Dynamo-Mafchine verbrauchten mechanifchen Arbeit in anderer Form wieder verfügbar, und für jeden in die Ableitungen eingefchalteten Waffer-Motor oder elektrifchen Verbrauchs-Apparat erhält man die verfügbare Arbeit als das Product des am Motor vorhandenen Wafferdruckunterfchiedes, bezw. der elektrifchen Spannungsdifferenz in die Wafferftromftärke, bezw. elektrifche Stromftärke.

55. Elektrifche Gröfsen.

Die Einheiten der elektrifchen Gröfsen find benannt worden: für die Spannungsdifferenz — oder, wie man abgekürzt zu fagen pflegt, für die Spannung — das *Volt,* für den Leitungswiderftand das *Ohm* und für die Stromftärke das *Ampère.* Das *Volt* entfpricht demnach qualitativ der Einheit des Wafferdruckes, 1 m Wafferhöhe, bezw. der Atmofphäre, das *Ampère* der Einheit für die Wafferftromftärke, z. B. 1 kg Waffer in der Secunde. Eine dem elektrifchen Leitungswiderftande genau

entſprechende einfache Gröſse beſteht für die Waſſerröhrenleitung nicht. Die Reibungsverhältniſſe der Röhrenleitung ſind ſehr verwickelt, während der elektriſche Leitungswiderſtand zu den räumlichen Gröſsen des leitenden Körpers in ſehr einfacher Beziehung ſteht. Iſt l die Länge des leitenden Körpers (in Met.), q ſein Querſchnitt (in Quadr.-Millim.), ſo iſt der Widerſtand der Leitung (in *Ohm*)

$$w = s \frac{l}{q}.$$

Der Coefficient s, ſpecifiſcher Widerſtand genannt, iſt abhängig vom Material und beträgt beiſpielsweiſe für gutes Leitungskupfer 0,018 bis 0,020, für Eiſen etwa 0,12. Wie die Formel ohne Weiteres ergiebt, iſt s der Widerſtand des Materials bei 1 m Länge und 1 qmm Querſchnitt. Eine Kupferleitung von z. B. 250 m Länge und 7 mm Durchmeſſer hat demnach 0,13 *Ohm* Widerſtand.

56. Zuſammenhang der elektriſchen Gröſsen unter ſich und mit den mechaniſchen Gröſsen.

Die Stromſtärke i einer elektriſchen Leitung iſt proportional der an den Enden der Leitung vorhandenen Spannungsdifferenz k und umgekehrt proportional dem Leitungswiderſtande w:

$$i = \frac{k}{w} \text{ (Ohm'ſches Geſetz).}$$

Obige Leitung würde alſo bei einer Spannungsdifferenz von 5 *Volt* eine Stromſtärke von 38,4 *Ampère* erhalten.

Der elektriſche Leitungswiderſtand multiplicirt mit der Stromſtärke ergiebt zufolge des *Ohm*'ſchen Geſetzes ohne Weiteres den Spannungsverluſt ($i\,w$), welcher in der Leitung entſteht und welcher dem Druckhöhenverluſt in der Waſſerleitung genau entſpricht. Die obige Leitung würde z. B. bei 20 *Ampère* Stromſtärke einen Spannungsverluſt von 2,6 *Volt* ergeben.

Wie bei der Waſſerröhrenleitung durch Waſſerdruck (in Met.) mal Waſſermenge (in Kilogr. für 1 Secunde) die geſammte Arbeitsfähigkeit in Kilogramm-Meter für 1 Secunde ſich ergiebt, ſo iſt bei der elektriſchen Leitung durch Spannung (in *Volt*) mal Stromſtärke (in *Coulomb*[57]) für die Secunde, d. h. in *Ampère*) die Arbeitsfähigkeit in *Volt-Ampère* gegeben. Den Arbeitsverluſt in der elektriſchen Leitung ſtellt daher das Product aus Spannungsverluſt und Stromſtärke ($i^2\,w$) in derſelben Weiſe dar, wie er bei der Waſſerröhrenleitung durch das Product aus Druckhöhenverluſt und Waſſerſtromſtärke gegeben iſt. Der Arbeitsverluſt bei 20 *Ampère* in unſerer Leitung von 250 m Länge und 7 mm Durchmeſſer beträgt danach 52 *Volt-Ampère*. Genau, wie bei der Waſſerröhrenleitung, wird die in der elektriſchen Leitung verlorene Arbeit in Wärme umgeſetzt, d. h. der elektriſche Strom erwärmt ſeine Leitung, und es entſtehen für jedes verlorene *Volt-Ampère* 0,24 Gramm-Calorien in der Secunde. Mit Hilfe des mechaniſchen Wärme-Aequivalentes berechnet ſich daraus, daſs der mechaniſchen Leiſtung von 1 $\frac{\text{kg met}}{\text{ſec}}$ die elektriſche Leiſtung von 9,8 *Volt-Ampère*, daher der mechaniſchen Pferdeſtärke 736 *Volt-Ampère* elektriſche Leiſtung entſprechen.

57. Widerſtände und Leitungsfähigkeiten mehrerer Leitungen.

Die Leitungen und Verbrauchs-Apparate, welche zwei Punkte verſchiedener Spannung verbinden, können hinter einander — in Serien, Reihen — oder neben einander — parallel — geſchaltet ſein. Bei Reihenſchaltung addiren ſich die Widerſtände aller hinter einander geſchalteten Leitungen und Verbrauchs-Objecte. Bei Parallelſchaltung addiren ſich dagegen die Reciproken der ſämmtlichen parallel ge-

[57]) *Coulomb* iſt die Einheit der Elektricitätsmenge.

fchalteten Widerftände. Diefe reciproken Widerftände werden auch Leitungsfähigkeiten genannt.

Auch bei parallel gefchalteten Wafferröhrenleitungen addiren fich die Leitungsfähigkeiten, aber mit dem Unterfchiede, dafs n parallel gefchaltete Kupferdrähte vom Einzelquerfchnitt q daffelbe Leitungsvermögen haben, wie ein Draht vom Querfchnitt $n\,q$, während n Wafferröhren vom Einzelquerfchnitt q ein um fo geringeres Leitungsvermögen haben, als eine Röhre vom Querfchnitt $n\,q$, je gröfser die Zahl n ift.

b) Dynamo-Mafchinen.

58.
Erzeugung
der
Elektricität.

Die Erzeugung der Elektricität für Gebrauchszwecke im Grofsen — die Telegraphie bisher ausgenommen — gefchieht mittels Dynamo-Mafchinen, welche im Wefentlichen aus zwei Haupttheilen beftehen. Den einen Theil bildet das ganze Eifengeftell der Mafchine, einfchl. der Eifenkerne der feften Elektromagnete — Schenkel — und des Eifenkernes des drehbaren Ankers — Armatur — fo wie der Kupferbewickelung der Schenkel. Der Strom in der Schenkelbewickelung beftimmt, fobald das Eifengeftell der Form und Maffe nach gegeben ift, den Magnetismus der Mafchine. Mafsgebend für die Leiftung der Mafchine ift die Gröfse des Magnetismus — Intenfität des magnetifchen Feldes, Dichtigkeit der magnetifchen Kraftlinien — an den Flächen, in welchen die Enden — Pole, Polfchuhe — der Elektromagnete dem Eifen des Ankers gegenüber ftehen. In diefem magnetifchen Felde zwifchen Ankereifen und Schenkeleifen rotirt als zweiter Haupttheil der Mafchine die Bewickelung des Ankers mit letzterem. In der Bewickelung des Ankers werden bei der Bewegung im magnetifchen Felde durch Induction elektrifche Ströme erzeugt, welche meift durch befondere Leitungen zu dem mit dem Anker feft verbundenen Stromabgeber — Commutator, Collector — geführt und von dort mittels auffchleifender Contacte — Bürften — von dem Anker abgenommen werden. Bei weitaus den meiften Mafchinen verwendet man die im Anker erzeugten Ströme auch zur Speifung der Schenkelbewickelung mit elektrifchem Strome, d. h. zur Erzeugung des magnetifchen Feldes derfelben Mafchine, indem man mit dem im Eifen ftets zurückbleibenden Reft von Magnetismus die Mafchine bei Inbetriebfetzung anlaufen läfft — felbfterregende Mafchinen. Die Mafchine beginnt mit fehr fchwachem Strom und arbeitet fich felbft in kurzer Zeit zur vollen Leiftung hinauf. Von den Klemmen — Polen, Polklemmen — der Mafchine wird der erzeugte Strom in die äufsere Leitung zum Verbrauch abgegeben.

59.
Gleichftrom
und
Wechfelftrom.

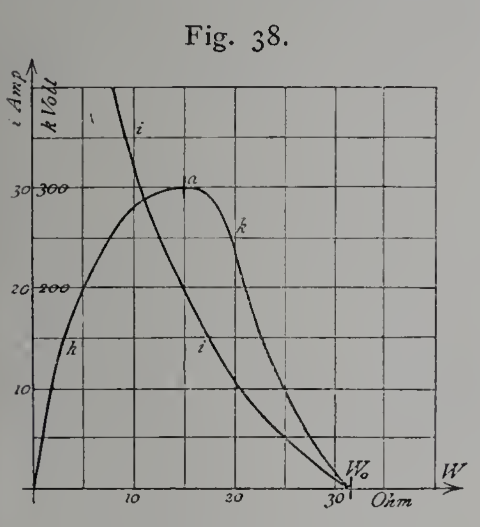
Eine Mafchine liefert Gleichftrom — ftets felbfterregende Mafchinen — wenn die Stromrichtung während des Betriebes ihr Vorzeichen nicht ändert. Wechfelftrom-Mafchinen liefern Ströme, deren Richtung 50 bis 200-mal in der Secunde wechfelt. Trägt man die Stromftärke der Wechfelftröme als Ordinaten, die Zeit als Abfciffe auf, fo erhält man als Strom-Curven mehr oder weniger Sinus-Curven. Die Durchführung der Parallelen mit der Wafferröhrenleitung ftöfst hier wegen der Trägheit der Waffermaffen auf praktifche Schwierigkeiten, wenn es auch nicht undenkbar wäre, durch Hin- und Herbewegung des Waffers in einem Röhrenfyftem Arbeit zu leiften. Aus praktifchen Gründen werden die Wechfelftrom-Mafchinen meiftens mit feft ftehendem Anker und rotirendem Elektromagnet-Syftem gebaut. Es kommt nur die relative Bewegung diefer beiden Haupttheile der Mafchine für die Stromerzeugung in Frage. Auch wird häufig den Elektromagneten der Wechfelftrom-

Mafchinen durch befondere kleine Gleichftrom-Mafchinen der Strom für die Erregung der Schenkel von aufsen zugeführt. Aus conftructiven Gründen wird man mit der Zeit immer mehr dahin kommen, die Elektromagnete der Wechfelftrom-Mafchinen rotiren zu laffen und ihnen Gleichftrom von aufsen zu liefern, während man den Anker feft legen wird.

60. Verfchiedene Schaltungen der Dynamo-Mafchinen und ihre Wirkungsweife.

Die Leiftung aller Mafchinen ift abhängig von dem Leitungswiderftande der äufseren Verbrauchsleitung. Bei den Serien-Mafchinen — Hauptftrom-Mafchinen, Mafchinen mit einfacher directer Schaltung — find der Anker, die Schenkel und die äufsere Leitung hinter einander gefchaltet. Fig. 38 giebt etwa die Abhängigkeit der Spannungsdifferenz *k* an den Mafchinenklemmen und der Stromftärke *i* vom Widerftande *W* der äufseren Leitung bei einer Mafchine für 300 *Volt* und 20 *Ampère*, wenn die Mafchine mit gleich bleibender Gefchwindigkeit umläuft. Die Serien-Mafchinen finden da Verwendung — z. B. Bogenlampen in Hintereinanderfchaltung — wo ftets mit dem gleichen Strom gearbeitet wird. Der Betrieb erfolgt beim Maximum der Spannung — Punkt *a* der Spannungscurve. Wächst der äufsere Widerftand über den Werth W_0 hinaus, fo giebt die Mafchine überhaupt keinen Strom mehr. Soll alfo die Mafchine ftromlos werden, fo hat man die äufsere Leitung zu öffnen.

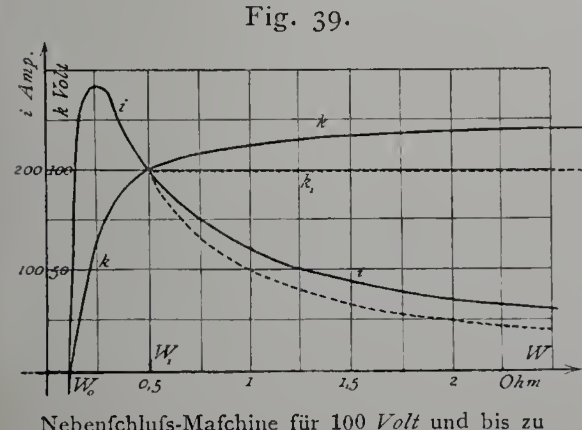
Fig. 38.



Serien-Mafchine für 300 *Volt* und 20 *Ampère*.

Die Nebenfchlufs-Mafchinen, bei welchen von den mit den Bürften des Anker-Collectors durch kurze Leitungen verbundenen Klemmen der Strom fowohl in die Schenkelbewickelung der Mafchine, wie in die äufsere Leitung fliefst, liefert etwa die Curven in Fig. 39. Die Mafchine wird ftromlos, wenn der äufsere Widerftand unter den Werth W_0 finkt, alfo z. B. bei Kurzfchlufs, d. h., wenn man die Klemmen der Mafchine durch eine kurze, ftarke Leitung von fehr kleinem Widerftande verbindet.

Fig. 39.



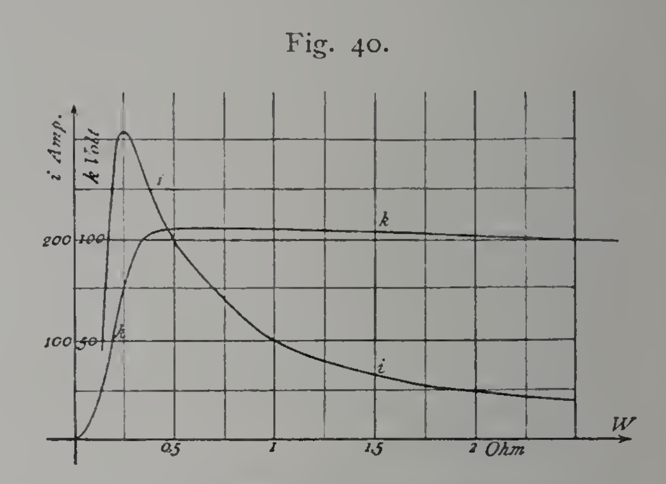
Nebenfchlufs-Mafchine für 100 *Volt* und bis zu 200 *Ampère*.

Um für alle äufseren Widerftände, welche im Betriebe vorkommen — W_1 fei der kleinfte — conftante Klemmenfpannung der Mafchine zu erhalten, fchaltet man in die Leitung, welche die Schenkel mit Strom verfieht — Nebenfchlufs — einen regulirbaren Widerftand ein, den man bei zunehmendem äufseren Widerftande entfprechend vergröfsert. Man fchwächt dadurch das magnetifche Feld ab, und zwar in dem Mafse, dafs die Spannung von dem Werthe k_1 an nicht mehr zunimmt. Die punktirten Curven gelten bei Anwendung des Regulir-Widerftandes. Jede Schwankung im äufseren Widerftande *W* erfordert daher eine entfprechende Aenderung im Regulir-Widerftande des Nebenfchluffes. Die Nebenfchlufs-Mafchinen finden für Beleuchtung wefentlich bei fehr umfangreichen Betrieben Anwendung. Die Regulirung gefchieht durch einen Wärter von Hand oder felbftthätig.

Die Gleichfpannungs-Mafchinen — *Compound*-Mafchinen, Verbund-Mafchinen, Mafchinen mit gemifchter Wickelung — vermeiden das den Nebenfchlufs-

Mafchinen eigene Abfinken der Spannung bei zunehmender Stromftärke, d. h. abnehmendem äufseren Widerftande, dadurch, dafs fie, aufser der den Nebenfchlufs-Mafchinen eigenthümlichen, von der Spannung der Mafchine abhängigen Erregung der Magnete, die Erregung derfelben durch den Hauptftrom in einer befonderen Magnetbewickelung zu Hilfe nehmen. Bis zu einer gewiffen oberen Grenze der Stromftärke, welche fomit naturgemäfs als die gröfste für die betreffende Mafchine anwendbare Stromftärke, alfo für deren gröfste Leiftung mafsgebend wird, erreicht man durch diefe gemifchte Magnetbewickelung eine genügend conftante Klemmenfpannung der Mafchinen. Unabhängigkeit der Klemmenfpannung von der augenblicklichen Leiftung läfft fich im Allgemeinen um fo leichter erreichen, je mehr Eifen die Mafchinen enthalten, vorausgefetzt, dafs die Eifenquerfchnitte der Magnete im Verhältnifs zu dem des Ankers entfprechend gewählt find. Fig. 40 giebt das Curven-Syftem diefer Mafchinen.

Fig. 40.



Gleichfpannungs-Mafchine für 100 *Volt* und bis zu 200 *Ampère*.

Gute Gleichfpannungs-Mafchinen erfordern demnach keine Regulirung der Spannung bei wechfelnder Betriebsleiftung. Sie werden vorzugsweife verwendet bei minder grofsen Beleuchtungsbetrieben, bei welchen eine dauernde Wartung der Mafchine nicht erforderlich fein foll, vorzugsweife alfo bei Einzelanlagen im Privatbefitz, Reftaurants, Fabriken, Brauereien, Privathäufern u. dergl.

Mafchinen ohne Selbfterregung, deren Magnete durch einen befonderen Strom gewöhnlich von kleinen Serien-Mafchinen gefpeist werden, ein Syftem, nach welchem zur Zeit wefentlich nur ein Theil der Wechfelftrom-Mafchinen arbeitet, geben eine von der gelieferten Stromftärke wefentlich unabhängige elektro-motorifche Kraft, wenn nicht bei ftarkem Strom eine magnetifch ftörende Rückwirkung deffelben die elektro-motorifche Kraft herabdrückt.

61. Einflufs der Gefchwindigkeit auf die Spannung der Dynamo-Mafchinen.

Dynamo-Mafchinen, welche für einen gegebenen Betrieb beftimmt find, follen im Allgemeinen mit möglichft gleichmäfsiger Gefchwindigkeit laufen, da in allen Beleuchtungsbetrieben zufällige Schwankungen der Klemmenfpannung thunlichft vermieden werden müffen, die Spannung felbft aber für gleich bleibenden Widerftand der Verbrauchsleitung bei allen Mafchinen nur von der Umdrehungszahl des Ankers abhängt.

Bei den zuletzt genannten Mafchinen, deren Magnete durch Strom von aufsen erregt werden, ift die Spannung der Drehungszahl des Ankers proportional; bei allen felbfterregenden Mafchinen aber, alfo denen, welche ihren Schenkelftrom dem eigenen Anker entnehmen, ändert fich ausnahmslos die Klemmenfpannung ftärker, als die Drehungszahl. Ift k die Klemmenfpannung und c eine Conftante, fo darf man mit grofser Annäherung für die felbfterregenden Mafchinen fetzen

$$k = c\,(v - v_0),$$

worin v_0 die Zahl der fog. todten Drehungen bei gleich bleibendem Widerftande der Verbrauchsleitung conftant ift. Mit zunehmendem Widerftande der Verbrauchsleitung wächst auch die Zahl der todten Drehungen, aber langfamer als jener. Kleine Schwankungen in der Ankergefchwindigkeit haben alfo um fo mehr Einflufs auf die Klemmenfpannung, je gröfser der Widerftand der Verbrauchsleitung ift.

Bei verfchiedenen Mafchinen-Modellen wird man im Allgemeinen den Einflufs der Gefchwindigkeitsfchwankungen um fo gröfser finden, je mehr Eifen die Mafchine im Verhältnifs zu ihrer Leiftung enthält.

Praktifch kommen die Schwankungen der Ankergefchwindigkeit für die Klemmenfpannung der Dynamo-Mafchine in ihrem 1½- bis 2½-fachen Betrage zur Geltung.

62. Wahl der Motoren.

Da man nun bei Beleuchtungsanlagen Schwankungen der Klemmenfpannung — befonders kurze periodifche Schwankungen — von 2 Procent kaum noch zulaffen darf, fo ift ohne Weiteres klar, dafs Motoren von äufserft gleichmäfsigem Gange für den Beleuchtungsbetrieb unbedingt erforderlich find. Es ift daher in keinem Falle rathfam (vergl. jedoch Art. 90), eine zur Beleuchtung dienende Dynamo-Mafchine an eine Dampfmafchine mit anzuhängen, welche aufserdem anderem Betriebe, befonders folchem mit ungleichmäfsigem Arbeitsbedarf, dient. Denn jede gröfsere, rafch verlaufende Aenderung im Arbeitsverbrauch, wie das Ausrücken und Einrücken von einzelnen Mafchinen in Fabriken fie mit fich bringt, verurfacht eine, wenn auch kleine und rafch fich ausgleichende Aenderung im Gange des gemeinfamen Motors, und diefe macht fich im elektrifchen Betriebe ftets durch ein enfprechendes Schwanken der Klemmenfpannung und fomit der Helligkeit der Leuchtkörper bemerkbar. Man ftelle daher für den Betrieb elektrifcher Beleuchtung ftets befondere Motoren auf und falls es fich um Gas-Motoren handelt, nur Zwillings-Motoren befter Conftruction. Kurze periodifche Schwankungen im Gange des Motors kann man in ihrer Wirkung faft unfchädlich machen, wenn man auf die Achfe der Dynamo-Mafchine eine fchwere Schwungfcheibe fetzt, die aber fehr gut centrirt fein mufs.

63. Leiftung der Dynamo-Mafchine.

Der Wirkungsgrad einer Dynamo-Mafchine, d. h. die elektrifche Arbeit in *Volt-Ampère*, welche an den Klemmen der Mafchine für jede an der Riemenfcheibe verbrauchte Pferdeftärke abgegeben wird, ift wefentlich von zwei Factoren abhängig. Erftens wird ein Theil der mechanifchen Arbeit auf Zapfenreibung, Bürftenreibung am Collector, Luftreibung und auf die Erzeugung von Strömen im Eifen — *Foucault*'fchen Strömen — verwandt, welche dem Stromkreife weder in der Dynamo-Mafchine noch in der äufseren Leitung zu gute kommen. Zweitens aber erwärmt der Strom die Mafchine felbft nach den in Art. 56 (S. 55) angegebenen Gefetzen, und es geht für jede Leitung vom Widerftande w innerhalb der Mafchine, wenn fie vom Strome i durchfloffen wird, der Betrag $i^2 w$ an elektrifcher Arbeit verloren.

Die beiden Verlufte pflegen etwa von gleichem Betrage zu fein und zufammen bei den gröfsten Mafchinen etwa bis 5 Procent abwärts, bei den kleinften gängigen Beleuchtungs-Mafchinen bis zu 15 und 20 Procent aufwärts zu betragen, fo dafs alfo je nach der Gröfse der Mafchinen 80 bis 95 Procent, d. h. 600 bis 700 *Volt-Ampère* für jede Pferdeftärke der zugeführten mechanifchen Arbeit als elektrifche Arbeit in der Verbrauchsleitung wieder verfügbar werden.

c) Bogenlicht.

64. Allgemeines und Lichtvertheilung.

Wenn man zwei Kohlenftäbe mit einer Elektricitäts-Quelle von etwa 50 *Volt* Spannung verbindet, ihre Enden einen Augenblick mit einander in Berührung bringt und dann auf einige Millimeter von einander entfernt, fo durchfliefst der beim Berühren der Stäbe eingeleitete elektrifche Strom auch die kleine Luftftrecke zwifchen beiden Stäben und bringt beide Kohlenfpitzen zum Glühen. Gleichzeitig beträgt die Spannungsdifferenz an den Kohlenfpitzen 40 bis 50 *Volt*, je nach der Stromftärke. Das fo entftandene Bogenlicht befitzt eine fonft unerreichbare Helligkeit,

deren gröfster Theil von den beiden Kohlenfpitzen ausgeht, während dem vom Strom durchfloffenen Zwifchenraum zwifchen beiden Kohlen nur wenige Procente der gefammten Lichtmenge entftammen.

Bei Verwendung von Gleichftrom find auch die von beiden Kohlenfpitzen ausftrahlenden Lichtmengen fehr verfchieden. Die mit dem pofitiven Pol der Elektricitäts-Quelle verbundene (pofitive) Kohle fendet 4- bis 5-mal fo viel Licht aus, als die negative Kohle, und während die letztere fich beim Brennen zufpitzt, bildet die erftere an der Spitze eine flache Höhlung. Da die pofitive Kohle das meifte Licht ausftrahlt und in faft allen Fällen möglichft viel Licht unterhalb der Lampe verlangt wird, fo ftellt man die pofitive Kohle lothrecht über der negativen auf und wählt die untere Kohle fchwächer als die obere, damit der durch die untere Kohle verurfachte Schattenkegel unter der Lampe thunlichft klein werde. Gleichftrom-Bogenlichter geben nach oben fehr wenig Licht, eben fo lothrecht nach unten. Die gröfste Lichtmenge wird unter einem Winkel von 30 bis 50 Grad unter der Wagrechten ausgeftrahlt. Im Lichtbogen verbrennen beide Kohlen, und zwar von der oberen pofitiven etwa doppelt fo viel, als von der unteren negativen Kohle. Wählt man daher den Querfchnitt der oberen Kohle etwa doppelt fo grofs, als den der unteren, fo brennen von beiden Kohlen ungefähr gleiche Längen ab.

Bei Verwendung von Wechfelftrom fpitzen fich beide Kohlen zu und beide brennen etwa gleich fchnell ab. Die bei der gleichen Stromftärke erforderliche Spannung ift geringer, als beim Gleichftrom-Licht. Die Lichtvertheilung über und unter der Wagrechten ift nahezu fymmetrifch. Für den gleichen Verbrauch an elektrifcher Arbeit fcheint die gefammte abgegebene Lichtmenge bei Wechfelftrom-Lichtern geringer zu fein, als bei Gleichftrom-Lichtern. Neuere vergleichende Meffungen der Leiftung beider Beleuchtungsarten fehlen zur Zeit.

Die Bogenlichter müffen des Windes und Regens wegen mit einer Glashülle umgeben fein. Wo es fich um Beleuchtung von Höfen und Hallen handelt und wenn die Bogenlichter fehr hoch angebracht werden, kann diefe Hülle aus durchfichtigem Glas beftehen. Man kann diefelbe alsdann aus gegoffenen Glasprismen fo zufammenfetzen, dafs die Ungleichmäfsigkeit der Lichtvertheilung bei offenem Bogenlicht durch die Brechung der Strahlen in den Prismen zweckmäfsig ausgeglichen wird. Dergleichen Glashüllen abforbiren wenig von der gefammten Lichtmenge; aber die fo gedeckten Bogenlichter blenden noch lebhaft.

Bei jeder Verwendung des Bogenlichtes in Innenräumen und überall da, wo die Lampen nicht fehr hoch angebracht werden können, werden durchfcheinende Glasglocken (Milchglas, mattirtes Glas) als Umhüllung verwendet. Diefelben vermeiden das Blenden des Bogenlichtes; fie bewirken dadurch, dafs fie von ihrer beleuchteten Oberfläche das Licht mehr oder weniger diffus ausfenden, eine gleichmäfsige Vertheilung des Lichtes, abforbiren aber auch um fo mehr Licht, je beffer fie die vorftehenden Aufgaben erfüllen.

65.
Regulirung der Bogenlampen.

Die Regulirvorrichtungen der Bogenlampen haben den Zweck, den Abftand beider Kohlen conftant zu erhalten. Dem gemäfs werden die Aenderungen, die im Lichtbogen felbft vor fich gehen, zur Auslöfung der Regulirungswerke benutzt. Mit der Länge des Lichtbogens ändert fich deffen Widerftand, die Stromftärke und die Spannung an den Kohlen. Jede diefer drei Gröfsen kann demnach zur Regulirung benutzt werden. Die Regulirung felbft wird ftets dadurch bewirkt, dafs Elektromagnete, abhängig von einer der drei oben erwähnten elektrifchen Gröfsen, erregt

werden, je nach der Stärke ihrer Erregung Eifenkerne oder Anker mehr oder minder ftark anziehen und dadurch Bewegungen hervorbringen, welche auf die abbrennenden Kohlen übertragen werden.

Bei den Hauptftrom-Lampen wird der regulirende Elektromagnet vom vollen Strom der Lampe durchfloffen, und hält die Stromftärke conftant. Bei den Neben-Schlufs-Lampen, welche auf conftante Spannungsdifferenz am Lichtbogen reguliren, ift der regulirende Elektromagnet im Nebenfchlufs zum Lichtbogen gelegen, die ihn erregende Stromftärke daher proportional der Spannung am Lichtbogen. Beide Regulirungsarten find vereinigt in der Differential-Lampe. Sie regulirt fo, dafs Spannung und Stromftärke in einem conftanten Verhältnifs zu einander erhalten werden. Die Genauigkeit der Regulirung einer Bogenlampe ift weniger durch das Syftem der Regulirung, als durch die vernünftige Anwendung eines der drei Syfteme, durch haltbare und gute Conftruction und durch faubere mechanifche Ausführung bedingt. Es befitzt daher auch an und für fich keines der drei erwähnten Syfteme einen Vorzug vor den anderen.

Die Spannung, deren die gebräuchlichen Bogenlampen bedürfen, fchwankt je nach der Stromftärke der Lampe bei Gleichftrom zwifchen 40 und 50, bei Wechfelftrom zwifchen 30 und 40 *Volt*, und derjenigen Lampe gebührt der Vorzug, welche die Spannung am gleichmäfsigften erhält. Schwankungen derfelben bis zu 4 *Volt* im Ganzen dürfen zugelaffen werden. Man kann fich ein ungefähres Urtheil über die Sicherheit der Regulirung einer Lampe bilden, wenn man eine Zeit lang bei offenem Werk und an einer Aufhängung, welche frei ift von allen Erfchütterungen, die gut einregulirte Lampe beobachtet. Je häufiger und in je gleichmäfsigeren Paufen die Lampe die Kohlen nachfchiebt, um fo gleichmäfsiger ift auch ihre Helligkeit. Es giebt Lampen, welche alle 10 Secunden durchfchnittlich reguliren. Zur vollen Beurtheilung der Brauchbarkeit einer Bogenlampe genügt aber diefe Probe nicht; denn wenn das Werk gegen den unvermeidlichen Staub fehr empfindlich ift oder Theile enthält, welche leicht verbogen werden können oder welche in Folge von mit der Zeit fich bildender fchwacher Oberflächen-Oxydation die Gangbarkeit des Werkes beeinfluffen, fo kann eine Lampe, welche neu noch fo gut brennt, in kurzer Zeit unbrauchbar werden oder doch der fteten Nachhilfe und täglichen Reinigung bedürfen. Aus ähnlichen Gründen find fchon manche fcheinbar fehr gute Conftructionen wieder ganz aus der Praxis verfchwunden.

Es giebt eine Anzahl von Lampen, welche beim Reguliren jedesmal ein auffälliges Geräufch verurfachen, klappern oder fummen. Solche Lampen find in Verkaufsläden, in Theatern, in Sälen, in welchen Concerte, Vorträge oder Gefellfchaften abgehalten werden, kurz in Räumen, deren Befucher Gelegenheit haben, auf diefe Geräufche zu achten, unbrauchbar.

66.
Farbe des Bogenlichtes.

Die Farbe des Bogenlichtes ift der des Tageslichtes fehr ähnlich; aber das normal brennende Bogenlicht enthält etwas mehr rothe Strahlen, als das Tageslicht. Wenn man die Lichter des hoch am Himmel ftehenden Vollmondes, der ja all fein Licht von der Sonne erhält und daher weifses Licht liefert, mit den Lichtern von Bogenlampen vergleicht, fo kann man befonders auf weifser Fläche bei einiger Aufmerkfamkeit feft ftellen, dafs die Lichter der Bogenlampen fpurenweife roth gegen die des Vollmondes find. Der Unterfchied wird um fo gröfser, je kleiner Stromftärke und Lichtbogen der Bogenlampe find und je ftärker im Verhältnifs zur Stromftärke die verbrennenden Kohlenftäbe der Lampe gewählt find. Wechfelftrom-

Licht ift im Allgemeinen etwas röther, als Gleichftrom-Licht. Die vielfach verbreitete Anficht, dafs das Bogenlicht blau oder grün fei, rührt ausfchliefslich davon her, dafs man faft nur Gelegenheit hat, es mit dem ausgefprochen rothen Lichte der Gasflammen oder der Petroleumlampen zu vergleichen. Auf Grund diefes Vergleiches wird bekanntlich auch dem Mondlicht der ganz unbegründete Vorwurf gemacht, blau oder grün zu fein.

Dafs bei der farbigen Decoration von Innenräumen und bei Toiletten, welche mit Bogenlicht beleuchtet werden follen, auf die Farbe des Bogenlichtes Rückficht genommen, d. h. etwa auf den Beleuchtungston des Tageslichtes gerechnet werden mufs, bedarf danach kaum einer befonderen Erwähnung. Es mag noch darauf hingewiefen werden, dafs das Bogenlicht fich gut zur Beleuchtung von Schaufenftern eignet, befonders wenn die für Tageslicht berechneten Farbenzufammenftellungen im Fenfter bei Abend nichts von ihrer Wirkung einbüfsen follen.

67.
Querfchnitte der Kohlenftäbe; Kohlenverbrauch und Helligkeit der Bogenlampen.

Es wurde fchon in Art. 64 (S. 60) erwähnt, dafs es wegen der guten Lichtvertheilung fowohl, als wegen der gefammten von Bogenlichtern abgegebenen Lichtmenge vortheilhaft ift, die untere negative Kohle fchwächer zu wählen, als die obere. Zuläffig ift dies aus zwei Gründen: erftens weil die untere Kohle nur etwa den halben Materialverbrauch erfährt, als die obere, und zweitens weil die Spitze der unteren Kohle fowohl durch den Strom felbft, als wegen der an der oberen Kohle vom Lichtbogen auffteigenden heifsen Luft fchwächer erwärmt wird, als die obere Kohlenfpitze. Ungefähr kann man bei der oberen pofitiven Kohle 20 bis 30 qmm Querfchnitt des Kohlenftabes für 1 *Ampère* Stromftärke rechnen und dann bei Gleichftrom der unteren Kohle etwa $^1/_3$ bis $^2/_5$ des Querfchnittes der oberen geben.

Der Verbrauch an Kohle in den Bogenlampen ift nach der Güte der Kohlen verfchieden. Im Durchfchnitt darf man für 1 *Ampère* und 1 Stunde bei guten Kohlen einen Verbrauch von $0{,}6$ bis $0{,}7$ g der oberen und etwa $0{,}3$ g der unteren Kohle rechnen. Das Einheitsgewicht der Kohlen fchwankt zwifchen $1{,}4$ und $1{,}6$. Bei Wechfelftrom-Lichtern erhält die obere Kohle den gleichen Querfchnitt und verbrennt etwa um 10 Procent rafcher, wie die untere.

In Art. 64 (S. 60) ift erwähnt worden, dafs die Lichtvertheilung bei den Bogenlichtern fehr ungleich ift, und dem entfprechend find auch die Angaben der Helligkeit für eine beftimmte Stromftärke fehr ungleich. Rechnet man bei Gleichftrom für 1 *Ampère* etwa 100 Normalkerzen mittlere Helligkeit, nahe das Doppelte in der Richtung der gröfsten ausgeftrahlten Lichtmenge und $^1/_3$ bis die Hälfte in der Wagrechten, fo wird man die gröfsten gängigen Lampen (10 bis 20 *Ampère*) 10 bis 30 Procent zu niedrig, die kleinften Lampen (3 bis 5 *Ampère*) etwas zu hoch gefchätzt haben. (Siehe auch die neben ftehende Tabelle.)

68.
Höhe der Gleichftrom-Bogenlichter über dem Boden und beleuchtete Fläche.

Die Höhe der Bogenlampen über dem Boden richtet fich wefentlich nach zwei Factoren, nämlich nach der verlangten Helligkeit und nach der Zahl der zu verwendenden Lampen. Diefelbe mittlere Helligkeit läfft fich erreichen mit wenigen, hoch hängenden Lampen grofser Stromftärke und mit vielen, niedrig hängenden Lampen geringer Stromftärke. Im letzteren Falle entfteht eine weit gröfsere Gleichmäfsigkeit der Beleuchtung (fiehe Art. 33, S. 36), während im erfteren Falle, wenn grofse Gleichmäfsigkeit nicht gefordert wird, die Anlage felbft und ihre Bedienung einfacher wird. Als ungefährer Anhalt darf gelten, dafs die Höhe der Gleichftrom-Lampen über dem Boden in Metern höchftens nur wenig mehr betragen darf und mindeftens halb fo viel betragen foll, als ihre Stromftärke in *Ampère* beträgt.

Der Lichtbedarf für 1 qm beleuchtete Fläche läſſt ſich ſelbſtverſtändlich allgemein nicht angeben. Man darf für Gleichſtrom bei mäſsig zu beleuchtenden Hallen und Höfen etwa 100 qm für 1 *Ampère* und bei Verwendung groſser Lichter, wenn nicht mehr als gute Mondſcheinbeleuchtung gefordert wird, auch die doppelte Fläche rechnen. Bei Markthallen wird man nicht mehr als 50 qm für 1 *Ampère* rechnen, und auch bei der hellſten Luxus-Beleuchtung den Verbrauch von 1 *Ampère* für 10 qm Bodenfläche nicht überſchreiten.

Bogenlampen müſſen ſtets ſo aufgehängt ſein, daſs ſie bis nahe über den Boden leicht herabgelaſſen werden können. Die Reinigung der Lampen, ſo wie das Einſetzen neuer Kohlenſtäbe, welches je nach der Brennzeit täglich oder alle zwei Tage geſchieht, machen das Herabziehen der Lampe erforderlich.

Die nachſtehende Tabelle enthält die erforderlichen Angaben für Gleichſtrom-Bogenlichter [58]).

			Stromſtärke der Lampen in *Ampère*.								
		3	4	5	6	8	10	13	16	20	
1.	Obere poſitive Kohle { Durchmeſſer	10	11,5	13	14	16	17,5	20	22	24,5	Millim.
	Obere poſitive Kohle { Verbrauch in der Stunde	16	16	17	17	17	18	18	18	18	
	Untere negative Kohle { Durchmeſſer	6,4	7,4	8,3	9,2	10,5	12	13	14	15	
	Untere negative Kohle { Verbrauch in der Stunde	18	18	18	18	18	18	19	21	23	
2.	Mittlere Helligkeit . . . . . etwa	280	390	500	600	850	1100	1600	2100	3000	Normal-Kerzen.
	Gröſste » . . . . . . etwa	550	800	1000	1300	1700	2200	—	—	5000	
	Helligkeit in der Wagrechten . etwa	140	190	240	290	360	450	—	—	1000	
3.	Höhe des Lichtbogens über dem Boden { höchſtens	5	6	7	8	10	12	14	17	20	Met.
	Höhe des Lichtbogens über dem Boden { mindeſtens	2,4	2,7	3	3,5	4	5	7	8	10	
4.	Vollmondhelligkeit	—	—	500	750	1300	2000	2800	3500	4000	Quadr.-Met. Bodenfläche für 1 Lampe.
	Bahnhofshallen	—	300	400	500	700	950	1300	1700	2200	
	Markthallen	140	150	200	250	360	500	650	850	1100	
	Hellſte Luxus-Beleuchtung	40	50	60	75	100	—	—	—	—	
5.	Arbeitsverbrauch des Bogenlichtes, wenn man 50 *Volt* Spannung und für die Pferdeſtärke 600 *Volt-Ampère* elektriſche Arbeit rechnet	0,25	0,33	0,42	0,5	0,67	0,83	1,1	1,3	1,7	Pferdeſtärken.

Die Zahlen der vorſtehenden Tabelle machen nicht den Anſpruch allein richtig und für alle Fälle maſsgebend zu ſein, ſind aber jedenfalls als erſter Anhalt brauchbar.

d) Glühlicht.

69. Allgemeines.

Die Glühlampen beſtehen im Weſentlichen aus einem im Verhältniſs zu ſeiner Länge ſehr dünnen, harten Faden aus Kohle, welcher durch dauerndes Glühen organiſcher Fäden (Bambus, Baumwolle, Collodium, Papier) unter Luftabſchluſs und ſpäteres, wiederholtes Tränken und Glühen mit flüſſigen Kohlenwaſſerſtoff-Verbindungen gewonnen wird. Dieſer Kohlenfaden iſt mit ſeinen Enden an Platindrähten in geeigneter Weiſe befeſtigt und befindet ſich in einer luftleeren Glasbirne, durch deren

58) Die Werthe der Tabelle, ſo wie eine groſse Zahl anderer Zahlenangaben ſind Mittelwerthe aus bereitwilligſt mir gemachten Mittheilungen aus der Praxis. Beſonders den Firmen *Siemens & Halske*, *Schuckert*, Gebrüder *Naglo* ſpreche ich hier meinen Dank aus für die mir gütigſt ertheilte vielſeitige Auskunft.

Fuſs die eingeſchmolzenen Platindrähte nach auſsen hindurchragen. Letztere ſind wieder durch Kupferdrähte mit Metall-Contacten verbunden, durch welche der Strom dem Kohlenfaden zugeführt wird.

70. Elektriſche Gröſsen und Arbeitsverbrauch.

Die in der Zeiteinheit von der Stromſtärke i im Kohlenfaden vom Leitungswiderſtande w entwickelte Wärmemenge iſt der Gröſse $i^2 w$ oder, wenn $k = i w$ die Spannungsdifferenz an den Enden des Kohlenfadens (vergl. Art. 56, S. 55) bedeutet, dem Product $k\, i$ proportional. Da nun nach Art. 84 das Streben ſtets dahin gehen muſs, mit möglichſt hoher Spannung und entſprechend kleiner Stromſtärke zu arbeiten, ſo iſt die unmittelbare Folge davon, daſs man den Kohlenfäden möglichſt hohen Widerſtand zu geben ſtrebt. Der Widerſtand der gängigſten aller Glühlampen beträgt bei heller Weiſsgluth nahe 200 *Ohm*, bei Zimmer-Temperatur etwa das Doppelte. Um den Kohlenfaden einer Lampe von 16 Normalkerzen in Weiſsgluth zu erhalten, ſind 0,5 *Ampère* erforderlich, welche Stromſtärke in 200 *Ohm* Widerſtand wiederum eine Spannungsdifferenz von 100 *Volt* an den Enden des Kohlenfadens verlangt. Dieſe Glühlampe verbraucht demnach $100 \times 0{,}5 = 50$ *Volt-Ampère*[59]) an elektriſcher Arbeit und liefert eine Helligkeit von 16 Normalkerzen. Es ergiebt ſich alſo für eine Normalkerze ein Arbeitsverbrauch von 3,1 bis 3,2 *Volt-Ampère*, eine Zahl, die auch für Lampen, welche mit anderer Helligkeit und anderer Spannung arbeiten, für die Berechnung des Arbeitsverbrauches zu Grunde gelegt werden darf. Eine Pferdeſtärke kann danach 10 bis 12 Lampen zu 16 Kerzen oder 16 bis 19 Lampen zu 10 Kerzen oder 8 bis 10 Lampen zu 20 Kerzen im Brennen erhalten. Relativ ſinkt der Arbeitsverbrauch ein wenig für Lampen gröſserer Helligkeit und höherer Spannung. Der Arbeitsverbrauch bei Verwendung von Wechſelſtrom oder Gleichſtrom iſt bei Glühlampen weſentlich der gleiche. Vorzugsweiſe werden bisher Glühlampen von nahe 60 und nahe 100 *Volt* gebaut, und die meiſt gebräuchlichen Lichtſtärken ſind 8, 10, 16, 20 Normalkerzen; auch Lampen von 25, 50 und 100 Normalkerzen ſind im Handel.

Der Arbeitsverbrauch einer Glühlampe von 10 Normalkerzen würde etwa 32 *Volt-Ampère* betragen, die erforderliche Stromſtärke daher 0,32 *Ampère* bei einer Lampe zu 100 *Volt* und 0,54 *Ampère* bei einer Lampe zu 60 *Volt*. Lampen von weſentlich mehr als 100 *Volt* Spannung befinden ſich bisher wenig im Handel. Man arbeitet zwar allgemein an Erhöhung der Glühlampenſpannung; bisher aber bietet die Herſtellung geeigneter Fäden Schwierigkeiten.

71. Einfluſs der Spannung auf Lebensdauer und Helligkeit der Glühlampen.

Eine Glühlampe hat, weil auch bei normalem Betriebe der glühende Kohlenfaden allmählich zerſtäubt wird und ſich als feiner dunkler Ueberzug auf der inneren Glasfläche der Lampenglocke abſetzt, nur eine beſchränkte Dauer der Haltbarkeit — Lebensdauer — welche im Durchſchnitt 800 bis 1000 Brennſtunden beträgt. Wird aber die Lampe mit einer Spannung gebrannt, welche nur wenige Procente höher iſt, als die normale, ſo nimmt die durchſchnittliche Lebensdauer der Lampen gleich ſehr erheblich ab, während ſie im Allgemeinen bedeutend wächst, wenn man die Lampen mit unternormaler Spannung brennt. Auch die Helligkeit der Lampen iſt in hohem Grade von der Spannung abhängig; ſie ändert ſich je nach der Lampenſorte 4- bis 5-mal ſo ſtark, als die Spannung, d. h. eine Spannungsſchwankung von 2 Procent bringt eine Helligkeitsſchwankung von 8 bis 10 Procent hervor. Der

---

[59]) Zur Zeit (Juni 1889) wird allerdings von der 16-kerzigen Lampe im Durchſchnitt etwas mehr Arbeit verbraucht, nämlich 52 *Volt-Ampère*; aber im Laufe eines Jahres wird von guten Lampen dieſer Arbeitsverbrauch nicht mehr überſchritten werden

Glühlichtbetrieb erfordert demnach eine fehr gleichmäfsige Spannung und daher einen äufserft gleichmäfsigen Gang des Motors fowohl, wie der Dynamo-Mafchine (vergl. Art. 61 u. 62, S. 61 u. 62), wenn das Licht nicht unruhig erfcheinen foll.

72. Farbe des Glühlichtes.

Das von den Glühlampen ausgehende Licht hat eine ähnliche Farbe, wie das eines *Argand*-Gasbrenners (fiehe Art. 29, S. 32), ift alfo relativ weit reicher an rothen und ärmer an blauen Strahlen, als das Tageslicht, auch als das Bogenlicht. Vorausgefetzt ift dabei, dafs die Glühlampen mit normaler Spannung brennen. Kommt zu hohe Spannung in Anwendung, fo nimmt der relative Gehalt an rothen Strahlen ab, der an blauen zu. Ein ficheres Zeichen für zu hohe Spannung bei Glühlampen ift ein die ganze Lampe erfüllender fchwacher bläulicher Schein. Sinkt die Spannung unter die normale, fo nimmt der Gehalt des Lichtes an blauen Strahlen ab; das Licht wird rother.

Normal brennende Glühlampen liefern einen weit wärmeren Beleuchtungston als Bogenlichter. Bei Beleuchtung von Gemälden ift dies äufserft wichtig. Daffelbe Gemälde kann bei Bogenlicht-Beleuchtung den kalten Ton der Morgenlandfchaft, bei Glühlicht den warmen Ton der Abendlandfchaft erhalten. Auch die Farben der Zimmer-Decoration find bei beabfichtigter Glühlichtbeleuchtung derfelben anzupaffen. Es find nahe diefelben, welche bei Gasbeleuchtung am wirkfamften fein würden. Bogenlicht verlangt Tages-Toilette, Glühlicht Abend-Toilette. Glühlicht empfiehlt fich daher auch entfchieden für Gefellfchaftsräume, Ballfäle und ähnliche Räume; denn es liefert warme, fchöne Fleifchtöne.

73. Vertheilung der Glühlampen.

Beftimmte Regeln für die Zahl der für eine gegebene Bodenfläche oder einen gegebenen Inhalt von Innenräumen erforderlichen Glühlampen zu geben, ift kaum möglich. Befondere Wünfche und Zwecke der Bewohner, Farbe der Wände und der Decken, Farbe und Oberflächenbefchaffenheit der Decorationen und Möbel etc. machen dergleichen allgemeine Regeln illuforifch. Als erfter Anhalt möge Folgendes dienen.

Eine fehr gute Beleuchtung erhält man, wenn man 5 qm Bodenfläche für die 16-kerzige Glühlampe rechnet, befonders, wenn man die Lampen mit den Kohlenfäden nach unten kehrt und halbe Glocken von weifsem oder mattirtem Glafe oberhalb der Lampen als Reflectoren anbringt. Es find derartige Glocken in den mannigfachften Formen, auch gemuftert, mattirt und farbig, im Handel. Müffen die Glocken unterhalb der Lampen angebracht werden, damit das Auge nicht durch den Kohlenfaden felbft geblendet wird, fo nimmt die Bodenbeleuchtung um fo mehr ab, je dunkler Wände und Decken in der Farbe find und je mehr lichtverfchluckende Stoffe (Sammet, Wollftoffe) zur Decoration der Wände verwendet find. In Wohnräumen, Verfammlungsräumen, Concertfälen etc. rechnet man gewöhnlich 7 bis 10 qm auf eine 16-kerzige Glühlampe.

Im Handel finden fich auch Glühlampen mit einfachen farbigen Glashüllen, fo wie mit Hüllen aus mattirtem Glas und aus Milchglas. Letztere blenden gar nicht mehr, verfchlucken aber bis zu 50 Procent der vom Kohlenfaden gelieferten Lichtmenge[60]. Etwas Schutz gegen das Blenden der Fäden gewähren Glashüllen mit vielen kleinen Buckeln. Cylinderförmige Reflectoren im Inneren der Lampe, zwifchen den beiden Aeften des Kohlenbügels angebracht, find völlig nutzlos.

In Fabriken wird man im Allgemeinen für jeden Arbeitsplatz eine Lampe zu

60) Siehe auch die bezüglichen Zahlenangaben in Art. 10 (S. 10).

rechnen haben; jedoch wird je nach der Art der Arbeit hier häufig die 8- oder 10-kerzige Lampe eintreten können, befonders wenn die Gefammtbeleuchtung es geftattet, das Licht der Lampen durch mattweifs geftrichene Blechfchirme dem Arbeitenden möglichft auf die Hand zu werfen. Einige Proben für den einzelnen Bedürfnifsfall können hier allein entfcheiden.

Glühlampen, welche im Freien brennen, erhalten eine zweite äufsere weite Hülle aus ftarkem Glafe, welche die eigentliche Lampenglocke felbft und die Faffung gegen Regen und Schnee fchützt. Glühlampen, welche der mechanifchen Zertrümmerung ausgefetzt find, insbefondere transportable Lampen, erhalten zum Schutz leichte Drahtkörbe.

74.
Vergleich zwifchen Bogenlicht und Glühlicht.

Aus der Tabelle auf S. 63 geht hervor, dafs bei Anwendung des Bogenlichtes mittels einer Pferdeftärke eine Lichtmenge von 800 bis über 1500 Normalkerzen erzeugt werden kann, während nach Art. 70 (S. 64) bei Anwendung des Glühlichtes nur etwa 180 Normalkerzen erhalten werden. Danach ift das Bogenlicht da, wo es verwendbar ift, offenbar die billigere Art der Beleuchtung. Auch der Verbrauch der Kohlenftäbe beim Bogenlicht ändert hieran nur wenig. Man darf aber nicht überfehen, dafs beim Bogenlicht eine Menge von bisher mindeftens einigen hundert Kerzen von einem leuchtenden Punkte ausgeht, und dafs diefe Lichtmenge nicht annähernd denfelben wirthfchaftlichen Werth hat, als diefelbe Lichtmenge, vertheilbar in kleinen Leuchtkörpern zu 10 bis 20 Kerzen. So lange nicht Bogenlichter von erheblich geringerer Lichtftärke verwendbar werden, wird die Beleuchtung nicht fehr grofser Räume durch Glühlicht zu erfolgen haben. Die Erfahrung hat aber gezeigt und wird dies auch ferner zeigen, dafs das Bogenlicht in um fo gröfserer Ausdehnung an Stelle des Glühlichtes tritt, je mehr es gelingt, Bogenlichter von geringerer Lichtftärke praktifch brauchbar zu machen.

Da ferner der Nutzeffect der Glühlampen von mehr als 16 Kerzen Helligkeit bei 100 *Volt* nicht fehr erheblich beffer ift, als der der 16-kerzigen Lampe, fo haben die gröfseren Lampen (25, 50 und 100 Kerzen) bisher eine wefentliche Bedeutung für den gewöhnlichen Beleuchtungsbetrieb kaum erhalten. Braucht man gröfsere Lichtquellen, fo ift es meift auch zuläffig, auf einige hundert Kerzen zu gehen, und dann tritt die Bogenlampe unbedingt ein.

Einen grofsen Vorzug befitzt das Glühlicht vor dem Bogenlicht darin, dafs erfteres gar keiner Bedienung bedarf, als der Auswechfelung durchgebrannter Lampen, während die Bogenlampen mindeftens alle 18 Brennftunden neuer Kohlenftäbe und aufserdem häufiger Reinigung der Kuppel und einzelner Theile des Lampentriebwerkes bedürfen. Der Umftand, dafs Glühlampen vom Augenblicke des Stromfchluffes an gleichmäfsig brennen, während Bogenlichter häufig in den erften Minuten unruhig brennen, fpielt keine wefentliche Rolle, weil Bogenlampen wohl immer nur für längere Zeit in Betrieb gefetzt werden.

e) Verbindungen, Schaltungen und Leitungen.

75.
Verbindung der Leuchtkörper mit den Zuleitungen des Stromes.

An jeder Bogenlampe befinden fich zwei Vorrichtungen zum Anklemmen der beiden Zuleitungsdrähte, welche derartig angefetzt werden, dafs beim Gleichftrombetriebe der Strom von der oberen durch den Lichtbogen zur unteren Kohle fliefst. Die Zuleitung vom letzten Befeftigungspunkte der Leitung zur Lampe gefchieht durch möglichft biegfame Kupferfchnüre oder Kabel, welche gut ifolirt fein müffen. Die Schnüre find fo lang zu wählen, dafs fie in keiner Stellung der Lampe beim

Auf- und Abziehen derfelben gefpannt find. Auf ihre ganze Länge follen fie frei hängen, fo dafs ein Durchfcheuern der Ifolationsfchicht an keiner Stelle, befonders nicht an der Lampe felbft, vorkommen kann.

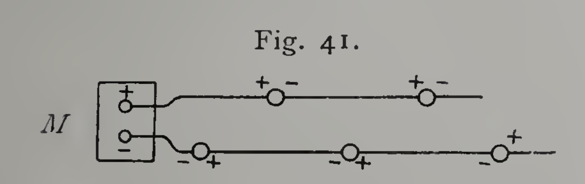
Der Anfchlufs der Glühlampen an die Zuleitung gefchieht mittels fog. Lampenfüfse — Sockel, Faffungen, deren es eine grofse Zahl verfchiedener Conftructionen im Handel giebt. Am häufigften werden wohl die *Edifon*-Faffungen (die zugehörigen Lampen haben als Contacte Gewinde und Knopf), die *Swan*-Faffungen (die Lampen haben zwei Metallplättchen, mit der unteren Fläche bündig, als Contacte) und die *Siemens*-Faffungen (Lampen mit zwei feitlichen Lappen aus Meffingblech) im Betriebe zu finden fein. Die Lampen felbft werden mit einem einfachen Handgriff in die Faffungen eingefchraubt oder eingefteckt und dadurch die Contacte der Lampe, welche den Strom dem Kohlenbügel zuführen, an Contacte im Sockel, welche mit der Zuleitung in Verbindung ftehen, in fefte Berührung gebracht. Die Contacte der Faffungen find mit den Zuleitungsdrähten dauernd verbunden und die Faffungen felbft gewöhnlich an einem Gasrohr verfchraubt, in deffen Innerem die Leitungsdrähte gut ifolirt von der Wand zur Lampe führen.

In fo fern eine Glühlampe nicht ftets brennen foll, fobald die Leitung Strom erhält, giebt man ihr eine fog. Hahnfaffung, d. h. eine Faffung, an welcher feitlich ein kleiner Knebel, ähnlich dem Griff eines Gashahns, befeftigt ift, durch deffen Drehung um 90 Grad die eine metallifche Verbindung der Zuleitung mit dem Endcontacte der Faffung, daher auch mit dem Kohlenbügel der Lampe gefchloffen und geöffnet werden kann. Bei Verwendung von Hahnfaffungen achte man darauf, dafs der drehbare Knebel mit einer federnden Einrichtung verfehen ift, welche beim Drehen des Knebels denfelben in die zwei Stellungen einfchnappen läfft.

76.
Reihenfchaltung der Leuchtkörper.

Die Reihenfchaltung, Serienfchaltung oder Hintereinanderfchaltung kommt faft nur bei Bogenlichtern zur Anwendung [61]). Es feien z. B. 30 Bogenlichter von gleicher Stromftärke, z. B. 8 *Ampère*, zu betreiben. Wir führen von der pofitiven Klemme der Dynamo-Mafchine *M* (Fig. 41) die Leitung zur Klemme (pofitiven Klemme) der Lampe *1*, welche mit der oberen Kohle in Verbindung fteht. Von der negativen Klemme der Lampe *1* läuft die Leitung weiter zur pofitiven Klemme der Lampe *2* und fo fort und fchliefslich von der negativen Klemme der letzten Lampe zur negativen Klemme der Mafchine. Derfelbe Strom von 8 *Ampère* durchfliefst danach hinter einander die ftromerzeugende Mafchine und fämmtliche Lampen.

Fig. 41.



Jede Lampe möge 45 *Volt* Spannung verbrauchen, und 10 Procent der gefammten elektrifchen Arbeit mögen in der Leitung verbraucht werden, fo dafs auf jede Lampe nebft ihrer Zuleitung im Mittel 50 *Volt* entfallen. Die Mafchine mufs daher $30 \times 50 = 1500$ *Volt* an ihren Klemmen liefern. Beiläufig verbraucht fie an mechanifcher Arbeit bei 90 Procent Wirkungsgrad und 8 *Ampère* $\frac{1500 \times 8}{0{,}9 \times 736} = 18$ bis 19 Pferdeftärken am treibenden Riemen.

77.
Gemifchte Reihenfchaltung.

Bei derartig grofser Lampenzahl wird man jedoch, um die hohe Spannung von 1500 *Volt* zu vermeiden, unter Umftänden beffer thun, nur je 10 Lampen hinter einander und die fo entftehenden 3 Kreife parallel zu fchalten. Die drei Strom-

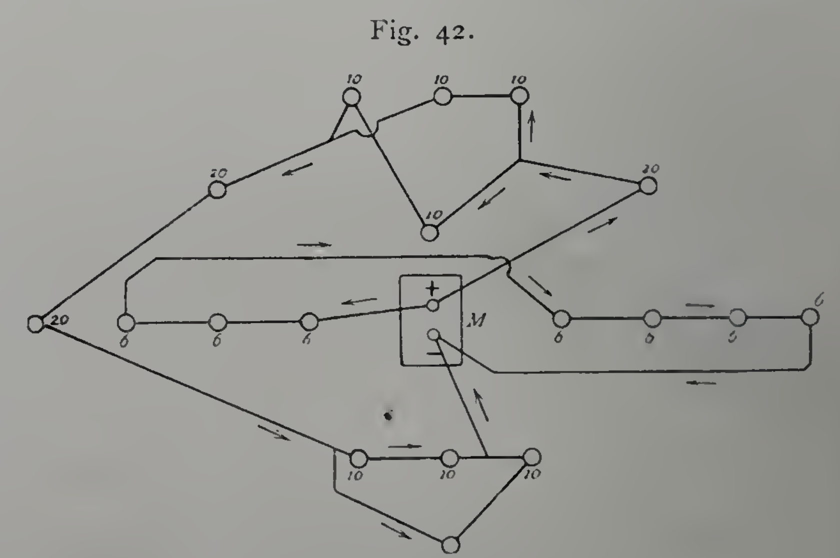
61) Neuerdings wird Seitens einiger Fabriken auf Reihenfchaltung von Glühlampen von niedriger Spannung (10 bis 20 *Volt*) hingearbeitet.

kreiſe wird man von derſelben Dynamo-Maſchine aus ſpeiſen, falls ſie im Allgemeinen gleichzeitig brennen ſollen. Die Maſchine hat jetzt 500 *Volt* an ihren Klemmen und im Ganzen 24 *Ampère* zu erzeugen.

In dieſem Falle der gemiſchten Schaltung können auch die verſchiedenen Stromkreiſe mit verſchieden ſtarken Strömen betrieben werden. Es ſeien z. B. 24 Lampen zu 3 *Ampère*, 16 Lampen zu 8 *Ampère* und 8 Lampen zu 20 *Ampère* gefordert. Man kann in dieſem Falle 6 Stromkreiſe zu je 8 hinter einander geſchalteten gleichartigen Lampen von der Maſchine abzweigen. Durch die Lampen zu 20 *Ampère*, welche die gröſste Spannung erfordern, iſt die Maſchinenſpannung gegeben. Die 8 Lampen zu 20 *Ampère* mögen, einſchl. 10 Procent Spannungsverluſt in der Leitung, 440 *Volt* verbrauchen. 440 *Volt* muſs alſo die Maſchine an ihren Klemmen liefern. In den 2 Kreiſen zu je 8 Lampen und 8 *Ampère* verbrauchen aber die Lampen nur $8 \times 45 = 360$ *Volt.* Es müſſen alſo hier 80 oder für jede Lampe im Mittel 10 *Volt* in der Leitung verbraucht werden. Die 3 Stromkreiſe zu je 8 Lampen und 3 *Ampère* haben einen Spannungsverbrauch in den Lampen ſelbſt von nur etwa 340 *Volt*; es muſs daher hier ein Spannungsverluſt von 100 *Volt* oder 12 *Volt* im Mittel für jede Lampe in die Leitung verlegt werden. Unter dieſer Vorausſetzung werden alle 48 Lampen richtig brennen, und die geſammte Stromſtärke wird $20 + 2 \times 8 + 3 \times 3 = 45$ *Ampère* betragen, die Maſchine daher etwa $\frac{440 \times 45}{0{,}9 \times 736} = 30$ Pferdeſtärken am Riemen verbrauchen. Es ſind allerdings hier einfache Bedarfsverhältniſſe vorausgeſetzt, und es iſt klar, daſs bei weniger einfachen Zahlenverhältniſſen in der geſammten Lampenzahl und den einzelnen Lampenſorten auch dieſe Art der Schaltung nicht immer zum Ziele führt. Es hätten jedoch z. B. oben in jedem oder im einen oder anderen der 3 Kreiſe zu 3 *Ampère* offenbar auch 9 Lampen brennen können; aber der Spannungsverluſt in der Leitung des betreffenden Kreiſes hätte dann nur 50 *Volt* betragen dürſen.

In Fig. 42 iſt ferner z. B. eine Schaltung angegeben, in welcher 3 Lampen zu 20 *Ampère*, 8 Lampen zu 10 *Ampère* und 7 Lampen zu 6 *Ampère* mit gegen 400 *Volt* und 26 *Ampère* in einem einfachen und einem theilweiſe verzweigten Stromkreiſe von einer Maſchine brennen. Dieſe beiden Stromkreiſe ſind von einander unabhängig; aber die Lampen zu 10 und 20 *Ampère* müſſen ſtets alle gleichzeitig brennen.

Fig. 42.



Gemiſchte Reihenſchaltung.

In den meiſten Fällen, in denen eine groſse Zahl von Bogenlampen verlangt wird (Fabriken, Bahnhöſe, Hallen etc.), wird ſich mit einiger Anpaſſung des Bedürfniſſes an eine günſtige Zuſammenſtellung der Stromkreiſe eine entſprechende Schaltung finden laſſen, und man fährt mit den Ausgaben für die eigentliche Leitung im Allgemeinen um ſo billiger, mit je höherer Spannung, alſo, bei gleicher Geſammtleiſtung, mit je geringeren Geſammtſtromſtärken man

arbeiten kann. Der Arbeitsverluft in einer Leitung vom Widerftande w beträgt ja $i^2 w$. Soll diefer Betrag einen gewiffen Procentfatz der gefammten verbrauchten Arbeit nicht überfchreiten, fo wird man Leitungen von um fo gröfserem Widerftande, d. h. von um fo weniger Kupferquerfchnitt wählen dürfen, je geringer die Stromftärke i ift.

Mit der Spannung über 1000 *Volt* hinauszugehen, ift, wenn möglich, zu vermeiden. Die Ifolations-Schwierigkeiten wachfen mit zunehmender Spannung bedeutend, und die Spannungen werden für die Bedienung gefährlich. Am beften hält man fich in den Grenzen bis zu etwa 600 *Volt*.

Jede Lampe eines Serienkreifes mufs mit einer Vorrichtung verfehen fein, welche an Stelle der brennenden Lampe entweder einen derfelben gleichen Widerftand felbftthätig in den Stromkreis einfchaltet oder Kurzfchlufs in der Lampe herftellt, fobald durch einen Zufall oder in Folge Abbrennens der Kohlen die Lampe ftromlos werden follte. Anderenfalls würden alle übrigen Lampen deffelben Stromkreifes mit erlöfchen. Falls die erlöfchende Lampe kurz gefchloffen wird, mufs die betreffende Dynamo-Mafchine ihre Spannung nach der Zahl der brennenden Lampen reguliren.

Serien-Mafchinen (fiehe Art. 60, S. 57) können auch hier nur verwendet werden, wenn die Mafchine ftets den gleichen Strom zu liefern hat, alfo ftets alle an die Mafchine angefchloffenen Stromkreife gleichzeitig im Betriebe find. Ift dies nicht der Fall, fo wird man am zweckmäfsigften Gleichfpannungs-Mafchinen oder Nebenfchlufs-Mafchinen verwenden, deren Spannung von der Stromftärke in den vorkommenden Grenzen unabhängig fein oder gehalten werden mufs.

78.
Parallelfchaltung;
Zweileiter-Syftem.

Sobald es fich um Verwendung von Glühlampen handelt, kommt bisher Parallelfchaltung der Leuchtkörper bei niederer Spannung faft allein in Frage. Es möge eine Anlage kurz befprochen werden, wie fie in Fig. 43 fchematifch dargeftellt ift.

Eine Anlage von 100 *Ampère* fpeist bei 100 *Volt* Verbrauchsfpannung je 2 Bogenlampen zu 3, 6, 9 und 15 *Ampère* und aufserdem 120 Glühlampen zu 0,5 *Ampère* bei 16 Normalkerzen. Die Glühlampen follen theils einzeln, theils gruppenweife, die Bogenlampen paarweife beliebig ein- und ausgefchaltet werden können. Von den beiden Klemmen der Dynamo-Mafchine führt eine Doppelleitung an alle diejenigen Punkte, an welchen Licht gebraucht wird. Der Ueberfichtlichkeit halber ift die mit der pofitiven Mafchinenklemme verbundene Leitung und ihre Verzweigungen durch eine gerade gezogene Linie, die andere, negative Leitung durch eine gewellt gezogene Linie dargeftellt. Zwifchen diefen Leitungen find fämmtliche Leuchtkörper eingefchaltet. Da die brennende Glühlampe nahe 200 *Ohm* Widerftand hat, fo erhält jede derfelben 0,5 *Ampère* Stromftärke, vorausgefetzt, dafs an allen Punkten der Leitung eine Spannungsdifferenz zwifchen der pofitiven und der negativen Leitung von nahe 100 *Volt* vorhanden ift.

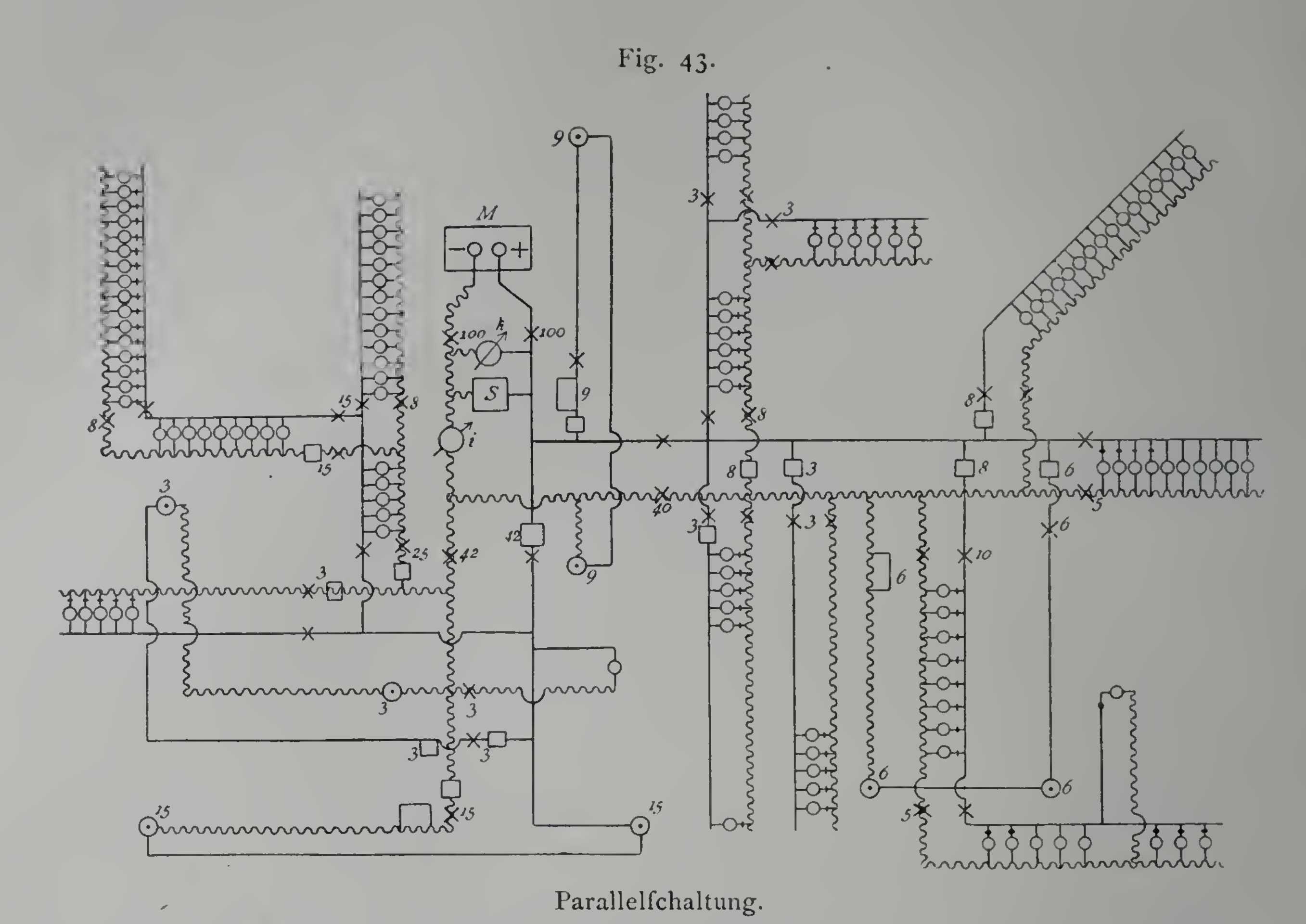
Die Bogenlampen find paarweife hinter einander gefchaltet, und in jede Bogenlichtleitung ift ein Ausgleichswiderftand w aus Eifendraht- oder Neufilberdraht-Spiralen eingefchaltet. Derfelbe ift fo bemeffen, dafs darin die Differenz der doppelten Verbrauchsfpannung einer Bogenlampe gegen 100 *Volt* verbraucht wird. Brennen z. B. 2 Lampen zu 9 *Ampère* und etwa je 45 *Volt* hinter einander, fo müffen bei 9 *Ampère* 10 *Volt* im Ausgleichswiderftande verbraucht werden, derfelbe alfo (fiehe Art. 56, S. 55) 1,11 *Ohm* Widerftand haben.

Es ift klar, dafs bei diefer Schaltung alle Glühlampen und alle Bogenlichtpaare unabhängig von einander brennen oder ausgefchaltet werden können, vorausgefetzt, dafs unabhängig vom Verbrauch überall die Spannungsdifferenz der pofitiven und der negativen Leitung 100 *Volt* beträgt.

79.
Spannungsverluft in der Leitung und Querfchnitte der Leitung.

Eine derartig gleichmäfsige Spannung ift nun praktifch auch bei Anlagen mit örtlich einander fehr nahe liegenden Verbrauchsftellen nur unter Aufwand verhältnifsmäfsig fehr bedeutender Koften für die Leitungen und auch dann nur annähernd zu erreichen, da der Strom beim Durchfliefsen der Leitung ftets einen Spannungsverluft erleidet (vergl. Art. 56, S. 55). Würde z. B. an einer in mittlerer Entfernung

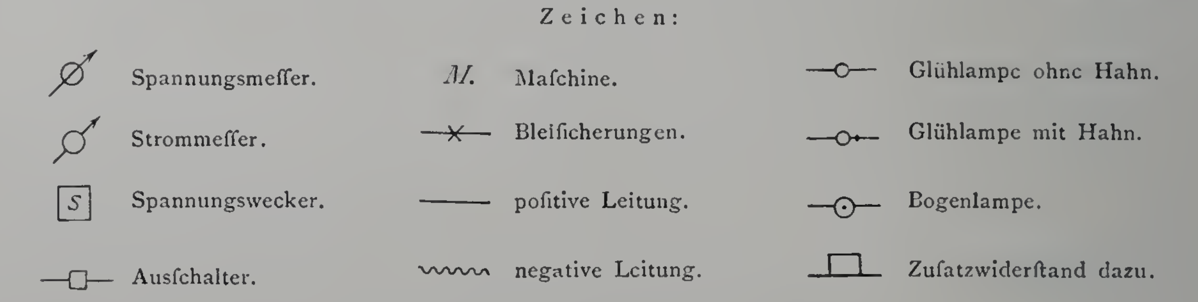
Fig. 43.



Parallelſchaltung.

100 *Volt*, 100 *Ampère*; 120 Glühlampen zu 16 Kerzen und 4 Paar Bogenlampen zu 3, 6, 9 und 15 *Ampère*.

Zeichen:



Die Ziffern bedeuten Stromſtärken in *Ampère*.

von der Maſchine gelegenen Lampe die Spannung 100 *Volt* betragen, ſo müſſte dieſelbe an allen zwiſchen dieſer und der Maſchine gelegenen Lampen mehr als 100, bei allen weiter von der Maſchine entfernt gelegenen Lampen weniger als 100 *Volt* betragen.

Dieſe Abnahme der Spannung gegen das Ende der Leitung läſſt ſich nicht umgehen, ſondern nur auf ein zuläſſiges Maſs dadurch herabdrücken, daſs man den geſammten Spannungsverluſt durch Anwendung genügend ſtarker Leitungen überhaupt gering macht.

Der Spannungsverluſt dk iſt nach Art. 56 (S. 55) gleich dem Product iw, d. h. gleich Stromſtärke mal Widerſtand der Zuleitung. Brennt z. B. in 50 m Abſtand von der Maſchine eine Gruppe von 40 Glühlampen zu 100 *Volt* mit 20 *Ampère* Stromverbrauch und will man 2 Procent, d. h. 2 *Volt* Spannungsverluſt in der Hin- und Rückleitung im Ganzen zulaſſen, ſo muſs der Widerſtand der ganzen Leitung $w = \frac{dk}{i} = \frac{2}{20} = 0{,}1$ *Ohm* ſein. Da Kupfer einen ſpecifiſchen Widerſtand von 0,02 beſitzt, ſo ergiebt ſich der erforderliche Leitungsquerſchnitt zu $q = 0{,}02 \frac{100}{0{,}1} = 20$ qmm oder ein Durchmeſſer der Leitung von 5 mm. Damit dieſe 40 Lampen 100 *Volt*

Spannung erhalten, müffte die Mafchine demnach 102 *Volt* liefern. Brennen jedoch von den 40 Lampen nur 10, werden alfo nur 5 *Ampère* verbraucht, fo finkt der Spannungsverluft in der Leitung auf 0,5 *Volt*, und die Lampen erhalten jetzt von den 102 *Volt* der Mafchine 101,5 *Volt*, brennen alfo mit zu grofser Spannung. Die Mafchine follte jetzt nur 100,5 *Volt* liefern, wenn die Lampen richtig brennen follen.

Bei einem mehrfach verzweigten Leitungsnetz bleibt die Berechnung der Leitungsquerfchnitte nicht einfach genug, um hier befprochen werden zu können. Eine Vorftellung von der Entftehung des Leitungsnetzes erhält man jedoch auf folgendem Wege. Nachdem der Ort für Mafchine und Lampen feft fteht, fei das Leitungsnetz feiner Form nach mit allen Abzweigungen im Plane fertig und die Abftände der Lampen von der Mafchine, entlang ihren Anfangs gemeinfamen, zuletzt getrennten Leitungen, gemeffen. Bei der Feftlegung des Leitungsplanes verfährt man fo, dafs man einander nahe liegende gröfsere Lampengruppen thunlichft zufammenfafft und durch befondere Hauptleitungen zur Mafchine führt. Lampen, welche nahe der Mafchine liegen, follen nicht mit weit abgelegenen Lampen in diefelbe Hauptleitung zufammengefafft werden. Bogenlampen follen nicht von Leitungen abgezweigt werden, welche aufserdem nur wenige Glühlampen enthalten. Ferner fei der gröfste Spannungsverluft feft gefetzt, etwa zu 2 *Volt*. Man denke fich nun für die Leitung zu jeder Lampe einzeln den Drahtquerfchnitt berechnet, welcher erforderlich fein würde, damit die Lampenleitung den feft gefetzten Spannungsverluft hervorbringt, wenn fie dem durch den Leitungsplan gegebenen Wege entlang läuft. Wenn man die fo berechneten Leitungen fämmtlich von einander ifolirt verlegen würde, fo würde ftets jede Lampe, mögen wenige oder alle Lampen brennen, 100 *Volt* erhalten, wenn an der Mafchine 102 *Volt* vorhanden find. Der Koftenerfparnifs und der Einfachheit des Netzes halber ift man aber gezwungen, die verfchiedenen einzelnen Leitungen, welche demfelben Wege folgen und zu einander nahe gelegenen Lampengruppen führen, zu ftärkeren gemeinfamen Leitungen zufammenzufaffen. Bei vollem Betriebe bleibt jetzt für die entfernteften Lampen der Spannungsverluft 2 *Volt*, für die näher der Mafchine gelegenen Lampen wird er jedoch kleiner, und bei theilweifem Betriebe nimmt er für alle brennenden Lampen um fo mehr ab, je kleiner überhaupt die Zahl der brennenden Lampen ift.

Am geeignetften für eine folche Anlage würde daher eine Dynamo-Mafchine mit gemifchter Schaltung (vergl. Art. 60, S. 58) fein, deren Spannung von 100 bis 102 *Volt* fteigt, wenn die abgegebene Stromftärke von Null bis zum vollen Betrage wächst. Man darf dabei aber nicht vergeffen, dafs bei gleich bleibender Umdrehungszahl des Motors in Folge vermehrten Gleitens der Riemen bei wachfender Belaftung der Dynamo-Mafchine die Umdrehungszahl der letzteren abnimmt. In Folge deffen wird man den angedeuteten Spannungsverlauf nie genau erreichen; aber je mehr man ihn anftrebt, defto beffer arbeitet die Beleuchtungs-Anlage.

Man fieht übrigens aus dem Vorftehenden, dafs die Praxis weniger folcher Gleichfpannungs-Mafchinen bedarf, deren Spannung von der Stromftärke ganz unabhängig ift, fondern, mit Rückficht auf Spannungsverluft in den Leitungen und Riemengleiten, folcher Mafchinen, deren Spannung mit zunehmender Belaftung je nach Bedarf mehr oder weniger wächst.

f) Hilfs-Apparate.

80. Mefs-inftrumente, Regulir- u. Controle-Apparate.

In jeder noch fo kleinen Anlage für Beleuchtung follte ftets mindeftens je ein Mefsinftrument für die Klemmenfpannung und die Stromftärke vorhanden fein. In Fig. 43 bedeutet *i* den Strommeffer, *k* den Spannungsmeffer. Ganz befonders der Spannungsmeffer foll von einer zuverläffigen Fabrik bezogen werden, da von der Richtigkeit feiner Angaben die Lebensdauer und die Helligkeit der Glühlampen hauptfächlich abhängt. Der Spannungsmeffer darf fich unter keinen Umftänden bei dauerndem Betriebe wefentlich erwärmen. Beide Inftrumente follen leicht fpielen, und ihre Einftellungen follen unter mäfsiger Dämpfung erfolgen. Nach den Angaben des Spannungsmeffers wird die Spannung der Dynamo-Mafchine erforderlichenfalls regulirt, und zwar meift durch einen in die Schenkelbewickelung eingefchalteten Widerftandsfatz, deffen einzelne Widerftände von Hand nach Bedarf leicht ein- und ausgefchaltet werden können. Ein folcher Regulir-Apparat für die Klemmenfpannung ift ftets erforderlich, da bei gleicher Belaftung und Umdrehungszahl jede Mafchine, fo lange fie zu Anfang des Betriebes kalt ift, eine höhere Spannung liefert, als wenn fie fich nach längerem Betriebe warm gelaufen hat.

Sehr bequem für Ueberwachung der richtigen Spannung find die fog. Spannungswecker (*s* in Fig. 43), Apparate, welche bei zu hoher und bei zu niederer Spannung je eine Glocke zum Tönen bringen. Diefelben brauchen nicht im Mafchinenraume felbft angebracht zu fein; fondern hängen am beften an irgend einem Orte, wo fie am leichteften vernommen werden. Den Spannungsmeffer kann jedoch der Spannungswecker nicht erfetzen. Erftens zeigt der Spannungswecker nur eine obere und untere Grenze der Spannung an, während es erforderlich ift, die Spannung jeden Augenblick ablefen zu können, und ferner find die Angaben des Spannungsmeffers im Allgemeinen auf die Dauer der Zeit zuverläffiger; feine Angaben können als Anhalt für die richtige Nachregulirung des Spannungsweckers, welche unter Umftänden von Zeit zu Zeit zu gefchehen hat, nicht entbehrt werden.

81. Blei-ficherungen.

Sobald durch irgend eine Störung ein Theil der pofitiven Leitung mit einem Theile der negativen Leitung direct oder durch einen Leiter von kleinem Widerftande in Berührung kommt, wächst auf dem ganzen Leitungswege von der Mafchine bis zur Berührungsftelle die Stromftärke um fo mehr, je kleiner der Widerftand an der Berührungsftelle ift. Kommen die beiden Leitungen in metallifche Berührung, fo treten in Folge des ftarken Stromes fofort heftige Feuererfcheinungen auf; die Leitungen brennen unter Umftänden fofort durch, fchmelzen auch wohl feft zufammen und werden auf lange Strecken glühend — kurz, es liegt Feuersgefahr für das betreffende Gebäude fowohl, als die Gefahr der Zerftörung der Leitungen und der Dynamo-Mafchine vor. Bei einer forgfaltig verlegten Leitung können allerdings folche fog. Kurzfchlüffe in der Leitung felbft kaum vorkommen, in fo fern nicht die Ifolationsfchicht der Leitung mechanifch verletzt wird. Schon eher können Kurzfchlüffe in Bogenlampen oder in den Faffungen der Glühlampen entftehen. Auch alle beweglichen Leitungen erfordern ganz befonders forgfältige Ifolation, damit diefelbe nicht irgend wo durchgefcheuert werde, fei es an den Einführungsftellen in die Leuchtkörper, befonders an den etwa fcharfen Kanten abgefchnittener Röhren, innerhalb deren die Leitungen verlaufen, fei es an harten Kanten fremder Gegenftände oder durch wiederholtes Biegen und Knicken der häufig in einem Strange ifolirt geführten beweglichen Doppelleitungen.

Um die gefährlichen Folgen etwaiger Kurzfchlüffe zu vermeiden, bringt man in den Leitungen fog. Bleificherungen an. Die Bleificherungen beftehen aus Bleidrähten oder Bleiftreifen, welche mittels anfchraubbarer Füfse oder Faffungen in die Leitungen eingefchaltet werden. In Fig. 43 find unmittelbar an der Mafchine die erften Bleificherungen angebracht. Die neben den Sicherungen befindlichen Zahlen bedeuten die Stromftärke, für welche fie conftruirt find. Alle Bleificherungen follen bei höchftens dem doppelten desjenigen Stromes, für welchen fie beftimmt find, in Folge der erzeugten Stromwärme durchfchmelzen. Bei den der Mafchine nahe gelegenen Hauptbleificherungen ift jedoch, um die Mafchine felbft gegen zu ftarken Strom zu fichern, eine weit niedriger gelegene Grenze für das Durchfchmelzen der Sicherungen wünfchenswerth. Im weiteren Verlaufe der Leitung find thunlichft bei jeder erheblichen Verringerung der Leitungsquerfchnitte Bleificherungen in beide Leitungen — fog. doppelpolige Bleificherungen — einzufetzen. Bleificherungen, welche bei weniger als 3 *Ampère* durchfchmelzen, dürften kaum im Handel fein, find auch nicht erforderlich, da keine Leitung, auch für eine einzelne Glühlampe, fo fchwach gewählt werden darf, dafs fie bei 6 *Ampère* in Gefahr kommt. Es wird auch nicht immer möglich fein, jede Leitung durch die ihrer gröfsten Stromftärke genau entfprechende Bleificherung zu decken. Dies ift nach dem Vorftehenden ebenfalls nicht erforderlich; man nehme in diefem Falle die zunächft liegende ftärkere Bleificherung.

Alle Bleificherungen follen fo eingerichtet fein, dafs das etwa fchmelzende, bei plötzlichem ftarken Anwachfen des Stromes häufig auch glühende und explofionsartig zerfpritzende Blei keinen Schaden anrichten kann. Die Bleificherung foll alfo auf Schiefer, Glas, Porzellan, Steingut, aber nicht auf Holz montirt fein. Ferner foll jede Bleificherung leicht und rafch durch eine neue gleiche erfetzt werden können. Damit keine falfchen Bleiftreifen in die zugehörigen Faffungen eingefetzt werden, foll der fefte fowohl, wie der einzufetzende Theil jeder Bleificherung mit der deutlichen Angabe der Stromftärke oder mit gleichen Ordnungszahlen verfehen, und endlich foll die Bleificherung mit einem leicht abnehmbaren Deckel aus feuerficherem Material verfchloffen fein.

Sollen der Koftenerfparnifs halber theilweife die Bleificherungen nur in eine Leitung eingefetzt werden, fo find diefe einpoligen Sicherungen jedenfalls entweder alle in die pofitive oder alle in die negative Leitung einzufetzen. Der doppelpoligen Sicherung gebührt ftets der Vorzug.

82. Ausfchalter und Umfchalter.

Abgefehen von den mit Hahn verfehenen Faffungen der Glühlampen, welche die Ausfchalter für die einzelne Lampe bilden, find eine Anzahl Ausfchalter, d. h. Vorrichtungen, welche den Zuflufs von Elektricität zu den, von der Mafchine ab gerechnet, hinter ihnen gelegenen Leitungen abzufperren geeignet find, in jeder Beleuchtungs-Anlage erforderlich. Man verwendet auch hier doppelpolige oder einpolige Ausfchalter, d. h. folche, welche die pofitive und negative Leitung, oder welche nur die eine Leitung unterbrechen. Die Formen der Ausfchalter find fehr verfchieden; alle aber haben das Merkmal gemeinfam, dafs ein Theil der metallifchen Leitung beweglich gemacht und fo angeordnet wird, dafs er mit einem einfachen Handgriff in zwei verfchiedene Stellungen gebracht werden kann. In der einen Stellung des Ausfchalters find die beiden Enden der fortlaufenden Leitung von einander ifolirt, daher der Stromlauf unterbrochen; in der anderen Stellung vermittelt der bewegliche Theil die Verbindung beider Leiterenden durch feft auf einander fchleifende

metallische Flächen. Ausschalter, deren schleifende Flächen federnd in einander greifen, sind denjenigen mit einseitig schleifenden Flächen um so mehr überlegen, für je stärkere Ströme der Ausschalter passirbar sein soll. Bei gröfseren Contactflächen pflegt man, da die genau ebene Bearbeitung derselben schwierig ist, die federnden Theile in mehrere schmale Lappen zu zerlegen. Die Ausschalter sollen beim Schliefsen möglichst rasch gröfsere Flächen in Berührung bringen und beim Oeffnen diese Berührung plötzlich wieder aufheben.

Die Ausschalter dienen erstens der Bequemlichkeit. Sie vermitteln z. B. die Stromzufuhr zu Glühlampen oder Gruppen derselben, welche zu hoch hängen, um Hahnfassungen derselben bequem handhaben zu können. Jede einzelne Leitung zu Bogenlichtern erhält im Allgemeinen ihren besonderen Ausschalter. Ausschalter, die in Vorzimmern oder auf dem Flur neben den Zimmerthüren angebracht sind, gestatten, die anstofsenden Zimmer vor dem Betreten derselben zu erleuchten, so dafs man den Ausschalter nicht erst im dunkeln Zimmer zu suchen braucht.

Zweitens können die Ausschalter unter Umständen bei Betriebsstörungen in den Leitungen sehr wichtig werden, wenn einzelne kleinere oder gröfsere Theile einer Anlage etwa wegen eines Isolationsfehlers zeitweise bis zur Reparatur derselben von der Stromquelle ganz abgetrennt werden müssen. Sie dienen dann der Sicherheit des Betriebes. Man spare daher mit der Verwendung der Ausschalter nicht. Vor allen Dingen an der Maschine selbst und aufserdem bei Abzweigungen gröfserer und wichtiger Leitungen verwende man thunlichst zweipolige Ausschalter. Bei jedem Ausschalter, und besonders bei den gröfseren, bemerke man aufserdem, welche Leitungen er bedient, sobald sein Gebiet nicht aus seiner Lage unzweifelhaft hervorgeht.

In allen Fällen, in denen nicht alle Verbrauchskörper gleichzeitig mit Strom versehen werden, sondern verschiedene Gruppen von Verbrauchskörpern mit nahezu gleichem Stromverbrauch wechselweise sollen eingeschaltet werden können, genügt es, für die auswechselbaren Gruppen nur eine Zu- und Ableitung zu legen und die Verbindung ihrer Enden mit den Anfängen der verschiedenen Leitungen der vertauschbaren Gruppen durch sog. Umschalter zu ermöglichen. Die Umschalter unterscheiden sich von den Ausschaltern nur dadurch, dafs die beweglichen Theile der ersteren mit der gemeinsamen Zu- und Ableitung stets in Verbindung sind, in ihren verschiedenen Stellungen aber stets nur einer der vertauschbaren Gruppen von Verbrauchskörpern Strom zuführen.

g) Stromvertheilung von Centralstationen.

83.
Speisung der Beleuchtungs-Anlagen von Centralstationen aus.

Wird einem Gebäude die Elektricität von einer Centralstation aus zugeführt, so werden mit dem Wegfall der Maschinenanlage auch die Mefsinstrumente für Stromstärke und Spannung, so wie der Spannungswecker überflüssig. Gleichmäfsige und richtige Spannung am Punkte der Abzweigung der Hausleitung vom Hauptkabel zu liefern, ist dann Sache der Centralstation.

Allerdings ist es nicht ausgeschlossen, dafs der Consument des Stromes in seinem Hause einen besonderen Spannungszeiger einschalten läfst, um die Spannung der gelieferten Elektricität bei auffällig hellem oder dunklem Brennen der Lampen controliren zu können. Im Uebrigen wird für die Anlage der Leitung im Hause ein Unterschied durch den käuflichen Bezug der Elektricität gegenüber der Erzeugung derselben an Ort und Stelle nicht bedingt.

Der Elektricitäts-Verbrauch wird in diefem Falle durch fog. Elektricitätszähler gemeffen, welche nach dem Eintritt der unverzweigten Leitung in das Gebäude in dieselbe eingefchaltet find. Am meiften im Gebrauch find zur Zeit die Elektricitätszähler von *Aron*.

Zwifchen zwei Uhrwerken ift ein Zählwerk eingefchaltet, welches den Gangunterfchied beider Uhrwerke mifft. Am Pendel des einen Uhrwerkes ift unten ein Magnet angebracht, welcher über einer in die Leitung eingefchalteten Spule fchwingt. Ift die Leitung ftromlos, fo gehen beide Uhrwerke gleich, und das Zählwerk bleibt in Ruhe. Durchfliefst ein Strom die Leitung, fo wird der Gang des Pendels, welches am unteren Ende den Magnet trägt, proportional der Stromftärke befchleunigt, weil auf diefes Pendel aufser der Erdfchwere die auf den Magnet ausgeübte Anziehung der ftromdurchfloffenen Spule wirkt.

Der Elektricitäts-Verbrauch wird, den Angaben des Zählwerkes entfprechend, in *Ampère*-Stunden gemeffen und vom Confumenten bezahlt. Die Genauigkeit der Angaben diefer Elektricitätszähler kommt etwa derjenigen der Gasmeffer gleich.

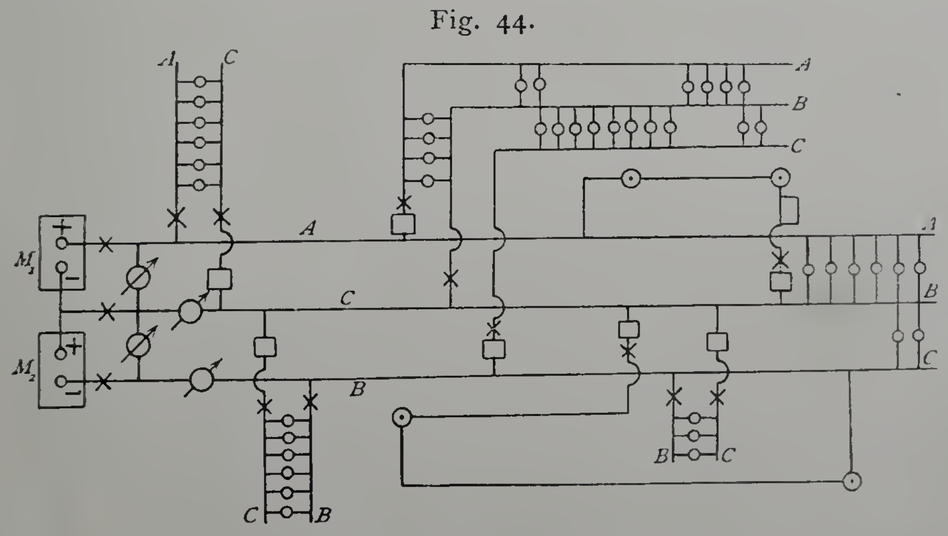
Der Confument ift bis zu einem gewiffen Grade im Stande, die Richtigkeit der Angaben der Elektricitätszähler zu controliren. Das Zählwerk derfelben mufs ftets ftill ftehen, fo lange kein Strom im Haufe verbraucht wird, und fein Gang mufs dem etwa nach Lampenbrennftunden der Glühlampen eine Zeit lang genau gebuchten Verbrauch innerhalb der vereinbarten Fehlergrenzen entfprechen.

84. Dreileiter-Syftem.

Die gleiche Menge elektrifcher Arbeit, dargeftellt unabhängig von den Einzelgröfsen durch das Product »Spannung mal Stromftärke«, kann offenbar bei hoher und bei niedriger Spannung erzeugt und verbraucht werden. Die Verbrauchsfpannung von 100 *Volt* bei Beleuchtung in Parallelfchaltung, welche bisher noch nicht wefentlich überfchritten werden kann (vergl. Art. 70, S. 64), bedingt nun bei grofsem Verbrauch in einem Abftande von mehr als 900 bis 1000 m vom Erzeugungsorte einen Querfchnitt der Leitungen, welcher der hohen Leitungskoften halber nicht mehr wirthfchaftlich genannt werden kann. Das Streben, mit höherer Spannung und geringeren Querfchnitten zu arbeiten, hat fchon ziemlich früh zur Anwendung von 200 *Volt* im Dreileiter-Syftem geführt.

In Fig. 44 ift die Anordnung der Leitungen im Dreileiter-Syftem fchematifch dargeftellt. Zwei gleiche Nebenfchlufsmafchinen M_1 und M_2 arbeiten, hinter einander gefchaltet, mit je 100 *Volt*, vermehrt um den Spannungsverluft in der Leitung, fo dafs an den fog. Hauptleitungen *A* und *B* im Beleuchtungsgebiete überall eine Spannungsdifferenz von nahe 200 *Volt* Verbrauchsfpannung vorhanden ift. Zwifchen den Hauptleitungen und der fog. Ausgleichsleitung *C* brennen beiderfeits in Parallelfchaltung Glühlampen von 100 *Volt*.

Fig. 44.



Schaltung im Dreileiter-Syftem.

(Zeichenerklärung, wie in Fig. 43, S. 70.)

Der Ausgleichsdraht führt zwifchen beiden Mafchinen M_1 und M_2 zur Stromquelle. Zwifchen jeder Hauptleitung und dem Ausgleichsdraht können natürlich auch Bogenlichtpaare in Hintereinanderfchaltung brennen. Nur mufs die ganze Vertheilung der

Verbrauchskörper so angeordnet sein, dass auf beiden Seiten des Ausgleichsdrahtes der Stromverbrauch annähernd der gleiche ist.

So lange der Stromverbrauch beiderseits genau gleich ist, fliesst durch den Ausgleichsdraht *C* überhaupt kein Strom. Ueberwiegt aber z. B. der Stromverbrauch zwischen *A* und *C*, so fliesst durch *C* Strom zu den Maschinen zurück und die Maschine M_1 liefert mehr Strom, als M_2; bleibt der Verbrauch in *AC* hinter dem Verbrauch in *CB* zurück, so fliesst durch *C* Strom dem Verbrauchsgebiete zu, und M_1 liefert weniger Strom, als M_2. Ist der Stromverbrauch auf beiden Seiten von *C* an verschiedenen Orten verschieden vertheilt, so dass an einigen Orten des Beleuchtungsgebietes mehr Verbrauch zwischen *A* und *C*, an anderen Orten zwischen *C* und *B* stattfindet, so verlaufen im Ausgleichsdraht an verschiedenen Orten Ströme entgegengesetzter Richtung zur selben Zeit, und zwischen benachbarten Orten verschiedener Stromrichtungen liegen Orte, wo der Ausgleichsdraht stromlos ist.

Der Vortheil des Dreileiter-Systems liegt im geringeren Kupferverbrauch der Leitungen. Der gleiche Arbeitsverbrauch im Dreileiter-System bedingt der doppelten Spannung wegen nur die Hälfte der Stromstärke, wie im Zweileiter-System, und daher bei gleicher Grösse des Beleuchtungsgebietes und gleichem Spannungsverlust in der Leitung den halben Kupferquerschnitt der Hauptleitungen. Der Ausgleichsdraht darf naturgemäss sehr erheblich schwächer sein, als die Hauptleitungen. Aber selbst, wenn man ihn, wie dies auch wohl geschieht, um für ganz aussergewöhnliche Verbrauchsvertheilung gesichert zu sein, im Querschnitt der Hauptleitung gleich nimmt, so spart man gegenüber dem Zweileiter-System noch 1/4 des Leitungskupfers. Andererseits gestattet das Dreileiter-System, ohne den Kupferbedarf für die Leitungen unwirthschaftlich gross werden zu lassen, die Bestreichung eines Beleuchtungsgebietes, welches beim Zweileiter-System schon übermäsig starke und theuere Hauptleitungen erfordern würde.

Auch die Anwendung von 3 und 4 Maschinen in Hintereinanderschaltung mit ähnlich wie bei Dreileiter-System geschalteten 4 und 5 Leitungen ist vorgeschlagen worden und dürfte bei grossen Centralen mit grossem Beleuchtungsgebiete ausführbar sein. Je höher die Spannungsdifferenz in den Hauptleitungen, desto geringer werden auch bei Anwendung der erforderlichen Ausgleichsleitungen für 100 *Volt* Verbrauchsspannung unter sonst gleichen Verhältnissen die Kupferkosten, bezw. um so grösser bei gleichen Kabelkosten das erreichbare Beleuchtungsgebiet. Andererseits aber wird das Leitungsnetz sowohl, wie auch der Betrieb der Centrale um so complicirter, je mehr man sich vom Zweileiter-System entfernt.

Die Leitungen, welche von den Strassenleitungen einer Dreileiter-Centrale in die einzelnen Gebäude führen, werden fast immer vom Ausgleichsdraht und von beiden Hauptleitungen abgezweigt. Hausanlagen von bis etwa 100 Lampen werden in Gruppen von höchsten etwa 30 Lampen nach dem Zweileiter-System eingetheilt. Diese Gruppen können mittels Umschalter mit dem Ausgleichsdraht und einer oder der anderen Hauptleitung verbunden werden. Zwischen den Hauptleitungen wird derart abgewechselt, dass die mittlere Belastung beider Hauptleitungen etwa gleich ist. Nur bei Gebäuden mit einer Lampenzahl, welche erheblich ist im Verhältniss zum Gesammtverbrauch, deren Brennen oder Nichtbrennen daher die Belastung der beiden Hauptleitungen wesentlich verschieben würde, wird auch in den Hausanlagen das Dreileiter-Systems theilweise durchgeführt.

85. Stromvertheilung mittels Wechfelftrom.

Die Verwendung von Wechfelftrom für Beleuchtungszwecke, deren Bedeutung mit der Verdrängung der *Jablochkoff*'fchen Kerzen durch die Gleichftrom-Bogenlampe fehr zu fchwinden fchien, hat in den letzten Jahren wieder fehr an Umfang und Bedeutung gewonnen in den Fällen, in welchen auf Entfernungen von mehreren Kilometern elektrifche Arbeit verfchickt werden foll. Um hier die Querfchnitte der Leitungen in mäfsigen Grenzen zu halten, ift die Anwendung fo grofser Spannungen erforderlich, dafs die erforderlichen Arbeitsgröfsen bei mäfsiger Stromftärke verfandt werden können. Am Verbrauchsorte jedoch kann die Spannung von 100 *Volt* vorläufig nicht wefentlich überfchritten werden. In einfacher Weife find diefe beiden Forderungen bisher nur bei Anwendung von Wechfelftrömen befriedigend in der Praxis erfüllt worden, da die Wechfelftrömung in fehr einfacher Weife eine Umfetzung hoch gefpannter in niedrig gefpannte elektrifche Energie mittels der Transformatoren geftattet.

86. Transformatoren.

Ein Transformator befteht aus zwei Syftemen von Drahtwindungen, welche, von einander ifolirt, auf denfelben Eifenkern gewunden find. Die primäre Bewickelung des Eifenkernes enthält eine grofse Zahl dünner Windungen und wird mit Wechfelftrömen von 1000 bis 3000 *Volt* Spannung von der Centrale aus befchickt. Die fecundäre Bewickelung enthält wenige ftarke Windungen, deren Zahl zu der der primären Windungen fich ungefähr verhält, wie die Verbrauchsfpannung (100 oder 65 *Volt*) zur Primärfpannung (1000 bis 3000 *Volt*). Bei 1000 *Volt* Primärfpannung und 100 *Volt* Verbrauchsfpannung würde z. B. die primäre Bewickelung etwas mehr als 10-mal fo viele Windungen haben, als die fecundäre Bewickelung.

Die äufsere Form der Transformatoren, fo wie ihre Anordnung ift fehr verfchieden. Entweder liegt das Eifen in Form eines ringförmig gefchloffenen Kernes nach Art des *Gramme*'fchen Ringes innen, und die beiden Bewickelungen liegen wie die Windungen des *Gramme*'fchen Ringes aufsen auf dem Eifen, oder die Anordnung ift umgekehrt fo, dafs die innen liegenden Windungen von Eifen umfchloffen werden. Auch die Kreisform des Ringes ift nicht immer inne gehalten, trotzdem fie jedenfalls die vortheilhaftefte ift.

Die in der Primärleitung verlaufenden Wechfelftröme erzeugen in der Secundärleitung durch Induction Wechfelftröme von gleicher Periode, und bei richtiger Anordnung der Windungen und der Eifenmaffen ift die in einer Windung der fecundären Leitung erzeugte Spannung nahe gleich der in einer Windung der primären Leitung verbrauchten Spannung.

Die Stärke der Leitungen und die Gröfse des Transformators richtet fich nach dem gröfsten Verbrauch derjenigen Leitungen, welche mit der Secundärleitung des Transformators verbunden find und von diefer aus gefpeist werden follen. Man baut zur Zeit Transformatoren von 700 bis 15 000 *Volt-Ampère* Leiftung; erfterer würde 14, letzterer 300 Glühlampen fpeifen können. Die vom Transformator bei 100 *Volt* abgegebene elektrifche Arbeit beträgt bei voller Belaftung deffelben 88 bis 95 Procent der bei 1000 bis 3000 *Volt* primär aufgenommenen Arbeit. Der Verluft bei der Umfetzung wächst, wenn die Belaftung abnimmt. Ein Transformator, der bei 7500 *Volt-Ampère* voll belaftet 5 Procent Verluft ergiebt, hat z. B. 10 Procent Verluft bei 2000, 20 Procent bei 800 *Volt-Ampère* Leiftung.

87. Anwendung der Transformatoren.

Die Vertheilung der Wechfelftröme gefchieht in der Weife, dafs Transformatoren geeigneter Gröfse im Beleuchtungsgebiete dem umliegenden Verbrauche entfprechend vertheilt werden. Die primären Bewickelungen derfelben werden in

die von der Centrale kommenden Leitungen mit hoher Spannung fämmtlich parallel eingefchaltet; von den fecundären Bewickelungen aus führen andere Leitungen die niedrig gefpannten Ströme zu den Beleuchtungskörpern.

Die Beleuchtungs-Anlagen in den Gebäuden find bei Wechfelftrom genau fo eingerichtet, wie bei der Verwendung von Gleichftrom. Nur die Werke der Bogenlampen müffen im Allgemeinen für Wechfelftrom befonders gebaut fein. Auch die Elektricitätszähler haben faft diefelbe Form, wie bei Gleichftromverbrauch. Während aber die fecundären Wechfelftröme von 65 und 100 *Volt* bei zufälligem gleichzeitigen Berühren beider Leitungen durch den Körper eben fo wenig die Gefundheit fchädigen können, wie Gleichftröme der gewöhnlichen Verbrauchsfpannung, ift die Berührung der primären Leitungen der Wechfelftrom-Anlagen bei 1000 und mehr *Volt* unbedingt gefährlich. Es ift defshalb unzuläffig, die Transformatoren und deren primäre Leitung fo aufzuftellen oder anzuordnen, dafs aufser den Beamten der Centralftation irgend Jemand fie abfichtlich oder unabfichtlich berühren kann. Ferner müffen unbedingt alle erdenklichen Vorfichtsmafsregeln getroffen fein, um zu vermeiden, dafs der hoch gefpannte Strom aus der Primärleitung im Transformator oder anderweitig zur Secundärleitung gelangen kann.

Endlich ift darauf zu achten, dafs auch in den Gebäuden die Wechfelftrom-Leitungen nicht zu nahe an etwa vorhandene Telephon-Leitungen verlegt werden, damit nicht beim Betriebe der erfteren Nebengeräufche in den Telephonen durch Induction entftehen.

h) Accumulatoren.

88.
Betriebsverhältniffe bei directer Stromverforgung.

So lange die Elektricität in dem Augenblick, in welchem die Betriebsmafchine fie erzeugt, auch in den Beleuchtungskörpern verbraucht wird, müffen felbftverftändlich die Betriebsmittel auf den gröfsten Bedarf eingerichtet fein, der bei einer Beleuchtungs-Anlage in Fabriken oder gröfseren Gebäuden dem Brennen fämmtlicher Lampen, bei einer Centrale, welche viele Gebäude mit Beleuchtung verforgt, etwa 70 bis 80 Procent der inftallirten Beleuchtungskörper entfprechend anzunehmen ift. Erfahrungsgemäfs aber beträgt die durchfchnittliche Brennzeit einer Lampe jährlich für gröfsere Centralen etwa 500 bis 600 Stunden, bei Einzelanlagen, je nach der Art des Betriebes, 1000 bis zu 2000 Stunden. Die gröfste durchfchnittliche Brennzeit haben Reftaurants und Kaffeehäufer. Die Betriebsanlage ift alfo im Durchfchnitt nur zu etwa 10 bis 30 Procent ausgenutzt und verzinst fich auch dem entfprechend fchlecht. Diefe ungünftigen Betriebsverhältniffe find der Hauptgrund für den zur Zeit noch ziemlich hohen Erzeugungspreis des elektrifchen Lichtes.

Eine Gasanftalt ift dem gegenüber fehr im Vortheil, da fie mit Tag und Nacht gleichmäfsiger Gas-Production auf Referve in die Gafometer arbeitet, von den täglichen Schwankungen des Verbrauches ganz unabhängig ift und ihren Betriebsmitteln nur einen folchen Umfang zu geben braucht, dafs fie bei gleichmäfsigem Betriebe den Durchfchnittsverbrauch der kürzeften Tage decken kann.

Die Elektricität kann als folche allerdings nicht in Referve aufgefpeichert werden; wohl aber kann fie, allerdings nur bei Anwendung von Gleichftrom, zeitweilig in eine andere Form der Energie, in chemifche Energie umgewandelt und aus diefer Form, allerdings mit Verluft, ohne Weiteres wieder erhalten werden.

89.
Accumulatoren.

Wenn man in Schwefelfäure von etwa 20 Gewichts-Procenten zwei Bleiplatten einfenkt, deren Oberfläche mit Mennige, Bleioxyd oder Bleifulfat in genügend ftarker

Schicht bedeckt ift, und einen elektrifchen Strom durch die eine Platte (pofitive) in die Säure eintreten, durch die andere (negative) Platte austreten läfft, fo bildet fich in Folge der Zerfetzung der Säure an erfterer Bleifuperoxyd; an letzterer wird die vorhandene Bleiverbindung zu metallifchem Blei reducirt. Gleichzeitig entfteht zwifchen beiden Platten eine Spannungsdifferenz von etwa 2 *Volt*, welche beim weiteren Hindurchfliefsen des Stromes zunimmt, bis allmählig, beginnend bei etwa 2,5 *Volt*, eine lebhafte Gasentwickelung eingetreten ift, ein Zeichen, dafs eine weitere Oxydation, bezw. Reduction an den Platten nicht mehr ftattfindet.

Die Säurezelle mit den Bleiplatten, der Accumulator oder Sammler, ift nun geladen und im Stande, die durch den Strom erzeugten chemifchen Umfetzungs-Producte an den Platten ohne Weiteres wieder in Bleifulfat übergehen zu laffen und dafür elektrifchen Strom zu liefern, wenn die beiden Bleiplatten durch eine Leitung mit einander verbunden werden. Bei diefer Entladung nimmt die Spannungsdifferenz der beiden Bleiplatten, welche mit 1,9 *Volt* einfetzt, erft fehr langfam auf etwa 1,8 *Volt* und dann rafcher auf kleinere Werthe ab. Es kann nun eine neue Ladung und Entladung der Sammler erfolgen, die ftets in derfelben Weife verläuft.

Die für den Betrieb gebauten Sammler befitzen eine ganze Anzahl von Bleiplatten, welche an der Oberfläche oder auch in gitterartigen Höhlungen Bleiverbindungen enthalten und, abwechfelnd mit der pofitiven und der negativen Zuleitung verbunden, einander in der Säure gegenüber ftehen.

Man baut zur Zeit Sammler, denen 400 und mehr *Ampère* Strom entnommen werden können und welche diefe Stromftärke je nach der Conftruction der Sammler 3,5 bis 9,0 Stunden liefern. Man fpricht bei z. B. 5 Stunden Entladungszeit von einer Capacität folcher Sammler von $400 \times 5 = 2000$ *Ampère*-Stunden. Da man bei der Entladung für jeden Sammler etwas mehr als 1,8 *Volt* Spannung durchfchnittlich zu rechnen hat, fo würden 60 folcher Sammler hinter einander gefchaltet 800 Glühlampen zu je 16 Normalkerzen 5 Stunden lang oder auch z. B. 400 folcher Lampen 10 Stunden lang im Brennen erhalten können. Zu diefem Ende würden fie eine, in *Volt-Ampère*-Stunden gerechnet um etwa 20 Procent, in *Ampère*-Stunden gerechnet etwa 10 Procent gröfsere Ladung vorher erhalten müffen, alfo z. B. 20 Stunden lang mit 110 *Ampère* oder auch 10 Stunden lang mit 220 *Ampère* geladen fein müffen.

Eine folche Sammler-Batterie bietet alfo eine ähnliche, allerdings in der Handhabung bei Weitem nicht fo einfache Referve für die elektrifche Beleuchtung, wie fie der Gafometer für die Gasbeleuchtung darftellt.

90. Verwendung der Accumulatoren im Beleuchtungsbetriebe.

Die Vortheile bei Verwendung von Sammler-Batterien im Beleuchtungsbetriebe liegt befonders in folgenden drei Punkten. Erftens wird die Beleuchtung in gewiffer Weife unabhängig vom Mafchinenbetriebe. Es ift nur erforderlich, dafs zu irgend einer Zeit jeden Tag und mit einer Stromftärke, welche den normalen Ladeftrom der Sammler nicht überfteigt, diejenige Zahl von *Volt-Ampère*-Stunden, welche bei der letzten Entladung verbraucht worden ift, mit 20 Procent Auffchlag von den Mafchinen den Sammlern zugeführt werden. Dies darf während einer Zeitdauer gefchehen, welche zwifchen 24 Stunden und derjenigen Stundenzahl — bei voller Ladung 5 bis 8 Stunden — liegt, welche bei gröfstem Ladungsftrom zum Erfatz erforderlich ift. Bei entfprechender Schaltung der Anlage kann während der Ladung der Sammler gleichzeitig demfelben Strome zur Beleuchtung entnommen werden.

Zweitens braucht vom Gang der Dynamo-Mafchine bei Weitem nicht jene

Gleichmäfsigkeit gefordert zu werden, wenn fie die Sammler ladet, als wenn fie unmittelbar die Lampen fpeist. Bei der Ladung der Sammler find Schwankungen der Mafchinenfpannung von einigen Procenten ohne Weiteres zuläffig, auch wenn gleichzeitig den Sammlern Strom für Beleuchtung entnommen wird. Es wird alfo häufig möglich fein, einen Beleuchtungsbetrieb mit Sammler-Batterien von einer vorhandenen Dampfmafchinen-Anlage aus zu verfehen, während eine directe Beleuchtung ftets einen befonderen Motor erfordert (fiehe Art. 62, S. 59).

Drittens braucht die Mafchinen-Anlage einer Sammler-Batterie nur fo grofs bemeffen zu fein, dafs fie bei vollem Tagesbetriebe und voller Leiftung fo viel *Volt-Ampère*-Stunden mit 20 Procent Auffchlag erzeugen kann, als die Beleuchtungs-Anlage am kürzeften Tage verbraucht, während die Mafchinen-Anlage ohne Sammler-Batterie den überhaupt gröfsten Verbrauch mufs decken können, wenn er auch nur während weniger Stunden im ganzen Jahre vorkommt.

Zur Erläuterung des vorftehend Gefagten möge zunächft folgendes Beifpiel dienen.

Eine mittelgrofse Bierbrauerei mit erheblichem Wirthfchafts-Ausfchank möge folgenden Lichtverbrauch haben:

1) für die Keller 90 Glühlampen zu 10 Normalkerzen (*NK*) mit täglich im Mittel 16 Stunden Brennzeit;

2) in der Brauerei und den Bureaus 110 Glühlampen zu 16 *NK*, von 6 Uhr Morgens bis Hellwerden und vom Dunkelwerden bis 8 Uhr Abends;

3) in den Höfen 6 Bogenlampen zu je 6 *Ampère*, Brenndauer wie unter 2;

4) für die Wirthfchaft 75 Glühlampen zu 16 *NK* vom Dunkelwerden bis 12 Uhr Nachts;

5) für Strafsenbeleuchtung 2 Bogenlichter zu je 10 *Ampère*, Brenndauer wie unter 4.

Da für die Normalkerze 3,2 *Volt-Ampère* zu rechnen find, ergiebt fich folgende Zahlenreihe:

	I. *Volt-Ampère*	II. Brenn-ftunden im Jahre	III. *Volt-Ampère*-Stunden im Jahre in 1000	IV. Brennftunden am kürzeften Tage	V. *Volt-Ampère*-Stunden am kürzeften Tage	VI. Brenn-ftunden am längften Tage	VII. *Volt-Ampère* Stunden am längften Tage
1	2880	5760	16600	16	46000	16	46000
2	5610	1000	5610	7,7	43200	—	—
3	1800	1000	1800	7,7	13800	—	—
4	3825	2200	8430	8,5	32600	3,7	14200
5	1000	2200	2200	8,5	8500	3,7	3700
Summe	15115		34640 × 1000		144200		63900

Die durchfchnittliche jährliche Brenndauer der Anlage erhält man bei Divifion der Summe V durch die Summe I zu 2290 Brennftunden. Divifion der Summe I durch 600 ergiebt die für den gröfsten Verbrauch in den Abendftunden des December erforderliche Zahl der Pferdeftärken zu 25, wenn keine Accumulatoren vorhanden find. Es ift dann eine Dynamo-Mafchine zu gut 15000 *Volt-Ampère* und eine befondere Dampfmafchine mit höchfter Gleichmäfsigkeit des Ganges zu 25 Pferdeftärken erforderlich.

Bei Anlage einer Accumulatoren-Batterie ift eine befondere Dampfmafchine meift nicht erforderlich; die Dynamo-Mafchine kann an die vorhandene Mafchinen-Anlage mit angehängt werden, in fo fern die erforderliche Leiftung übrig ift.

Die Dynamo-Mafchine läuft dann während der ganzen Betriebszeit mit. Beträgt letztere z. B. 14 Tagesftunden, fo erhält man die mittlere Leiftung der Dynamo-Mafchine für den kürzeften Tag bei Divifion der um den durch die Accumulatoren erzeugten Verluft von 20 Procent vermehrten Summe V durch 14 als 12400 *Volt-Ampère* oder 20,3 Pferdeftärken und für den längften Tag in ähnlicher Weife

zu 9 Pferdeſtärken. Kann die Betriebszeit der Dynamo-Maſchine an den kürzeſten Tagen auf 20 Stunden erhöht werden, ſo ergeben ſich 14,5 Pferdeſtärken als gröſste erforderliche Leiſtung.

Arbeitet die Anlage mit 100 *Volt* Verbrauchsſpannung, ſo ſind 60 Sammler erforderlich. Die Gröſse derſelben ergiebt ſich aus der Leiſtung am kürzeſten Tage mittels einer Ueberlegung, die aus folgender Zahlenreihe einfach hervorgeht:

Tageszeit, Morgens mit 6 Uhr beginnend	Es brennen die Lampen	Die Dynamo-Maſchine liefert *Ampère*	Der Beleuchtungs-verbrauch beträgt in		Die Sammler erhalten Ladung in		Die Sammler geben ab	
			Ampère	*Ampère*-Stunden	*Ampère*	*Ampère*-Stunden	*Ampère*	*Ampère*-Stunden
6 → 9	1 + 2 + 3	107	103	309	4	12	—	—
9 → 3,3	1	107	29	183	78	491	—	—
3,3 → 8	1 + 2 + 3 + 4 + 5	107	151	710	—	—	44	207
8 → 10	1 + 4 + 5	—	77	154	—	—	77	154
10 → 12	4 + 5	—	48	96	—	—	48	96
Summen				1452		503		457

Es iſt angenommen worden, daſs die Dynamo-Maſchine von 6 Uhr Morgens bis 8 Uhr Abends mit im Mittel etwa 107 *Ampère* auf die Sammler-Batterie und die Verbrauchsleitung parallel arbeitet, daher bei geeigneter Zellenſchaltung der Batterie als Ladung zuflieſst, was in der Leitung nicht verbraucht wird. Eine Vertheilung der Brennſtunden der Glühlampen 1 auf die 24 Tagesſtunden ſtatt auf 16 Stunden ändert an den geſuchten Zahlen nichts.

Danach wird eine Sammler-Batterie von 600 *Ampère*-Stunden und 80 *Ampère* Stromſtärke für jede Zelle völlig genügen. Es bleiben dann ſogar noch 100 *Ampère*-Stunden in Reſerve.

Im vorliegenden Falle hat die Sammler-Batterie weſentlich zur Folge, daſs von 8 Uhr Abends bis 6 Uhr früh keine Maſchine mehr zu laufen braucht. Ein groſser Vortheil bezüglich der Gröſse der Betriebsanlage wird im vorliegenden Falle nicht erreicht, da die Zahl der Brennſtunden die auſserordentlich hohe Zahl von 2290 im Jahre erreicht. Dagegen erfordert die Dynamo-Maſchine kaum die Aufſtellung einer beſonderen, äuſserſt gleichmäſsig gehenden Dampfmaſchine.

Weit gröſsere Vortheile erzielt man durch Aufſtellung von Sammler-Batterien bei kleiner jährlicher Brenndauer und ungleicher Zahl der brennenden Lampen, beſonders, wenn Gas-Motoren als Betriebskraft verwendet werden müſſen, welche bekanntlich nur bei voller Belaſtung günſtig arbeiten.

Ein Ladengeſchäft habe 150 Glühlampen zu 16 Kerzen vom Dunkelwerden bis 9 Uhr Abends im Betriebe. Bei directem Betriebe braucht es einen Zwillings-Gas-Motor von 15 Pferdeſtärken und eine Dynamo-Maſchine gleicher Leiſtung. Am kürzeſten Tage beträgt die Brenndauer 5,7 Stunden, der Verbrauch 43 000 *Volt-Ampère*-Stunden. Da an den kürzeſten Tagen der Motor ſehr wohl von Morgens 6 bis Abends 9 Uhr, alſo 15 Stunden laufen kann, ſo würde bei Anlage einer Sammler-Batterie eine Dynamo-Maſchine von nur $\frac{43\,000}{15 \times 0{,}8} = 3600$ *Volt-Ampère* und dem entſprechend ein Gas-Motor von 6 Pferdeſtärken und einem Cylinder erforderlich ſein.

91.
Auswahl und Aufſtellung der Sammler-Batterie.

Die Schaltung der Sammler-Batterie gegen die Dynamo-Maſchine und die Verbrauchsleitung, die erforderlichen Schalt- und Controle-Apparate u. ſ. w. hier zu beſprechen, fehlt der Raum. Da für die Sammler-Batterien im Beleuchtungsbetriebe das Gewicht der Sammler ganz gleichgiltig iſt, ſo wähle man Sammler, welche ſchwach beanſprucht ſind, d. h. welche im Verhältniſs zur Leiſtung ſchwer ſind. Das gröſsere Bleigewicht erhöht den Preis bei gleicher Leiſtung erfahrungsgemäſs wenig, da die Hauptkoſten der Sammler in der Herſtellungsart und nicht im verwendeten Rohmaterial zu ſuchen ſind. Dagegen iſt die Ausſicht auf Haltbarkeit

der Batterie um fo gröfser, je fchwächer die Sammler auf die Gewichtseinheit beanfprucht find. Beftimmte Angaben über die Haltbarkeit der Sammler laffen fich heute fchwer machen. Man darf aber wohl annehmen, dafs, wenn Sammler mit maffiven Platten und mäfsiger Beanfpruchung — etwa 4 *Ampère*-Stunden und 0,7 *Ampère* für 1 kg Gefammtgewicht — vernünftig behandelt werden, ein Erfatz der pofitiven Platten im Durchfchnitt alle 10 Jahre, ein folche der negativen Platten überhaupt kaum erforderlich fein dürfte.

Da die Sammler zu Ende der Ladung Gas (Wafferftoff und Sauerftoff) entwickeln, welches fein zertheilte Schwefelfäure mitreifst, fo müffen die Batterien unbedingt in einem befonderen Raume untergebracht fein, welcher zu anderen Zwecken nicht benutzt wird. Derfelbe braucht nur fo grofs zu fein, dafs die Sammler in Reihen über und neben einander aufgeftellt werden können und zugänglich bleiben. Je leichter fie einzeln befonders dem Auge zugänglich find, um fo beffer ift es. Der Raum mufs gut zu lüften fein. Am beften ift eine dauernde Lüftung durch einen Schlot mit Lockflamme. Da die mitgeriffene Schwefelfäure fich trotzdem mit der Zeit überall niederfchlägt, werden die Sammler felbft der befferen Ifolation wegen auf kleinen Glasfüfsen aufgeftellt und aufser Blei alle Metalltheile im Raume durch Theeranftrich forgfältig gegen Roftbildung gefchützt.

i) Ausführung der Beleuchtungs-Anlagen.

92.
Anlage der Leitungen im Allgemeinen.

Man follte es fich zum Grundfatze machen, alle Leitungen fo zu verlegen, dafs ohne Weiteres Niemand an irgend einer Stelle die metallifchen Leitungen, und zwar diejenigen der Ausfchalter, Apparate, Bleificherungen und Leuchtkörper mitverftanden, direct erreichen kann. Andererfeits follte man Sorge tragen, dafs der ganze Leitungsweg leicht abgefucht werden kann, falls fich Störungen bemerkbar machen; mit anderen Worten, es foll bei der fertig montirten Anlage an keiner Stelle — wenigftens aufserhalb des Mafchinenraumes nicht — das Metall des Leitungsweges offen zu Tage liegen. Apparate, Ausfchalter, Bleificherungen u. f. w. follen fämmtlich mit Schutzhüllen verfehen fein, und die Anfchlüffe der Leitungen an diefe Theile follen innerhalb der Schutzhüllen liegen. Diefe Schutzhüllen aber, fo wie die etwa zum Verdecken der Leitungen felbft dienenden Hüllen, follen niemals mit alleiniger Zuhilfenahme der Hand, wohl aber bei Gebrauch eines einfachen Werkzeuges leicht abgenommen werden können. Bei Befolgung diefer Regel werden Störungen, welche durch Unvorfichtigkeit oder Muthwillen erzeugt werden können, thunlichft ausgefchloffen, gleichzeitig aber ein Abfuchen der Leitung auf etwaige Fehler erleichtert.

93.
Auswahl und Verlegen der Leitungen.

Nackte Leitungen ohne jede ifolirende Hülle zu verlegen, ift nach den vorftehenden Regeln überhaupt nicht ftatthaft. Aus Sparfamkeitsrückfichten gefchieht es wohl im Freien, wenn die Leitungen hoch und weit entfernt von Gebäuden geführt werden. Ein Grund, der aufserdem allerdings für die Verwendung nackter Drähte im Freien fpricht, ift der, dafs gegenüber den Einflüffen der Witterung kaum irgend welcher ifolirende Ueberzug fich dauernd haltbar erweist. Maffiven Draht verwendet man zu Leitungen bis zu etwa 6 mm Durchmeffer. Darüber hinaus werden der erforderlichen Biegfamkeit halber meift Drahtfeile verwendet.

Für die Einrichtung der Beleuchtung von Gebäuden kommen Strafsenkabel und die Anfchlüffe der Hausleitungen an diefelben nicht in Frage, können daher hier aufser Betracht gelaffen werden.

Im Mafchinenraum foll man darauf halten, dafs alle Leitungen fo überfichtlich als möglich verlegt und ihre Bedeutung an geeigneter Stelle dauernd bezeichet wird. Von der Mafchine, welche durch eine ftarke Unterlage aus hartem Holz von der Erde ifolirt ift, bis zum Schaltbrett werden die Leitungen am beften im Fufsboden verlegt, und zwar in einem Kaften, der mit einem Deckel gefchloffen ift. Ift am Fufsboden Feuchtigkeit zu fürchten, fo führt man die Leitungen an der Decke entlang zum Schaltbrett. Alle Apparate und Schaltvorrichtüngen werden auf dem hölzernen Schaltbrett felbft, nicht direct an der Wand befeftigt.

Für gewöhnliche Ifolirung der Leitungen werden diefelben mit Baumwolle doppelt umfponnen, darauf beklöppelt und afphaltirt oder die Ifolirung mit Wachs getränkt. Derartige Ifolirung genügt in allen trockenen Räumen. Für Verwendung in feuchten und naffen Räumen werden die Drähte mit einer nahtlofen Guttapercha-Schicht umprefst und erforderlichenfalls diefe Schicht noch durch afphaltirte Umfpinnung oder Beklöppelung gegen mechanifche Verletzung gefchützt. Eine häufig ausreichende Ifolation gegen Feuchtigkeit bietet auch eine unter der übrigen Umfpinnung angebrachte einfache oder doppelte Bewickelung mit Gummiband.

Sollen Leitungen in der Erde verlegt werden, fo kommen ftets fog. Bleikabel zur Verwendung. Bei ihnen ift die Kupferfeele meift mit einer wachsgetränkten Hanfumfpinnung umgeben, über welche ein einfacher oder doppelter nahtlofer Bleimantel geprefst ift. Ueber dem Bleimantel liegt im Allgemeinen eine zweite afphaltirte Hanfbefpinnung. Derartige Kabel verlegt man in der Erde in leicht gemauerten Canälen oder in bedeckten **U**-Eifen, welche mit trockenem Sande gefüllt werden, damit fie nicht Ratten und Mäufen leicht zugänglich find. Sollen die Kabel nicht in dergleichen Canälen verlegt werden, fo müffen fie aufserdem als Schutz gegen mechanifche Verletzungen eine doppelte Umwickelung mit Bandeifen und darüber eine dritte afphaltirte Hanfbefpinnung erhalten. Im Handel find aufser den erwähnten noch eine grofse Zahl anderer Ifolirungsarten.

Die laufenden Leitungen werden, wo es des Ausfehens wegen zuläffig ift, an Porzellanknöpfen befeftigt oder in zuverläffig trockenen Räumen auf fchmalen, mit Einfchnitten verfehenen Querhölzern durch aufgefchraubte Leiftchen gehalten. Das Verlegen gefchieht bei diefer Art der Befeftigung am beften unter der Decke, damit die etwa durchhängenden Leitungen weder fich gegenfeitig, noch andere Gegenftände berühren können. In feuchten und naffen Räumen gefchieht die Befeftigung der Leitungen an Ifolirglocken. Ausfchalter und Bleificherungen werden an naffen Wänden in Vertiefungen gelegt, welche durch Ueberhängen der oberen Wandfläche gegen Einlaufen des Waffers gefchützt werden. Die zu den Ausfchaltern etc. führenden Leitungen bilden vor dem Ausfchalter Wafferfäcke. Sich überkreuzende Leitungen werden ftets durch ifolirende Zwifchenlagen — Kreuzungsknöpfe etc. — mechanifch aus einander gehalten. Ein Oelfarbenanftrich der Leitung ift zuläffig, Kalkfarbe zu vermeiden.

Leitungen auf der Wand oder der Decke direct durch Anftiften zu verlegen, ift höchftens dann zuläffig, wenn zuverläffig trockenes Holz die Unterlage bildet.

In Räumen mit ftarkem Gehalt der Luft an Kohlenfäure, faueren Dämpfen u. dergl. müffen alle Theile aus Meffing und Kupfer forgfältig gegen aufsen abgefchloffen werden. Die Leitungen erfordern Guttapercha oder Gummiband unter der äufseren Ifolation; alle Meffingtheile, welche nicht anders als frei gelegt werden können, erhalten einen ftarken Ueberzug aus haltbarem Lack. Die Contactflächen

an Ausfchaltern werden befonders grofs gewählt. Zum Schutz der Faffungen erhalten die Glühlampen eine zweite Glasglocke mit luftdichtem Abfchlufs, welche die Lampenfaffung mit aufnimmt. Bogenlampen finden wegen der baldigen Zerftörung der Werke in folchen Räumen kaum Verwendung.

In Wohnräumen, wo freies Verlegen der Leitungen des Ausfehens halber nicht angeht, legt man die Leitungen in lange Leiften aus Fichtenholz, welche mit zwei Längsrinnen verfehen find. Eine zweite, mit Schrauben auf der unteren befeftigte Leifte verdeckt die Leitungen. Die untere Leifte kann in den Wand- oder Deckenputz eingelegt werden. Die Leitungen unzugänglich in den Putz zu verlegen, ift zum mindeften unficher.

Wo ein folches Einlegen in den Putz bei Wand- und Decken-Ornamenten nicht zu umgehen ift, foll man wenigftens gute Bleikabel verwenden. In Wanddurchbrüche oder Deckenbohrungen werden Glasröhren oder, weit beffer, Gummi- oder Porzellanröhren eingefchoben und die Röhren am beften fo weit gewählt, dafs man neben den Leitungen hindurchfehen kann. Sind die Wände nicht ficher trocken, fo wird jede Leitung in eine befondere Röhre verlegt.

94. Anfchlüffe und Verbindungen.

An den Apparaten, Ausfchaltern, Bleificherungen etc. werden die Leitungen meift durch Schrauben feft geklemmt. Die Köpfe der Schrauben follen kantig und die Schrauben felbft fo ftark und fo tief gefchnitten fein, dafs die um die Schraubenfpindel gerollte Leitung mit Gewalt feft gezogen werden kann. Starke Leitungen werden nach dem Rollen beiderfeits flach gefeilt. Schraubenköpfe für ftarke Leitungen erhalten Unterlagsfcheiben. Die Verbindung der Leitungen unter einander gefchieht unter allen Umftänden am ficherften durch gute Verlöthung. Dünne Drähte werden um einander gewickelt, Seile verflochten, ftärkere Leitungen an den Enden kurz umgebogen und mit Draht eng bewickelt oder beide Leitungen auf 3 bis 4 cm in der Weife keilförmig halb flach gefeilt, dafs die Enden etwas ftärker bleiben, die Flächen gegen einander gelegt und die Verbindung mit Draht eng und feft umbunden werden. Schliefslich wird ftets forgfältig verlöthet und das Löthwaffer gut abgewafchen. Die fertige Löthftelle wird meift dadurch ifolirt, dafs man fie mit fog. Ifolirband, einem klebenden Gummibande, genügend ftark bewickelt.

Verbindungsftellen von Bleikabeln unter einander werden folgendermafsen hergeftellt. Die Ifolirung beider Enden wird fchichtenweife fo abgelöst, dafs jede weiter nach innen liegende Ifolirfchicht über die nächft äufsere vorfteht. Dann wird die Kupferfeele wie oben verlöthet und weiterhin jede Ifolirfchicht durch Bewickelung von Hand thunlichft wiederhergeftellt. Endlich wird auch ein Bleimantel forgfältig übergelöthet. Für Verbindung ftärkerer Kabel in der Erde find eiferne Verbindungsmuffen gebräuchlich, innerhalb deren die Verbindung in Afphalt luftdicht eingegoffen liegt. Auch T-Muffen find für diefen Zweck im Handel.

k) Vorzüge und Koften der elektrifchen Beleuchtung.

95. Vorzüge der elektrifchen Beleuchtung.

Die Vorzüge des elektrifchen Lichtes liegen auf den verfchiedenften Gebieten. Vor allen Dingen verdient befonders das Glühlicht in gefundheitlicher Beziehung den Vorzug vor allen anderen Beleuchtungsarten. Jede Luftverfchlechterung, welche bei Leuchtgas durch fpurenweife Undichtheiten der Leitungen, durch Rufsen der Flamme bei unerwartet gefteigertem Gasdruck und bei Kerzen, Oel, Petroleum und Leuchtgas durch den Verbrauch von Sauerftoff und die Erzeugung von Kohlenfäure, Wafferdampf und anderen zum Theil fchädlichen Verbrennungsgafen unvermeidlich

ift, fällt beim Glühlicht vollftändig fort. Das Bogenlicht verbraucht fpurenweife Sauerftoff und erzeugt eben fo fpurenweife Kohlenfäure, aufserdem etwas Ozon. Die Wärmeerzeugung beim Bogenlicht ift im Verhältnifs zu anderen Beleuchtungsarten überhaupt verfchwindend gering, die des Glühlichtes bei gleicher Helligkeit etwa 11-mal fo gering, wie beim Gas-Argand-Brenner und bei Petroleumlampen, etwa 20-mal fo gering, wie bei Kerzenbeleuchtung und etwa 30-mal fo gering, wie bei der offenen Gasflamme. Bei ftark befuchten gefchloffenen Räumen mit heller Beleuchtung läfft fich daher kaum anders, als bei Verwendung von elektrifcher Beleuchtung die Temperatur niedrig und die Luft erträglich erhalten. Allerdings fällt die zweifelhafte Annehmlichkeit der Heizung, befonders von Verkaufsräumen, durch die brennenden Gasflammen beim Glühlicht fort.

Bei Gasflammen, befonders den offen brennenden, bemerkt man leicht ein fortdauerndes Flackern, welches gröfsere oder geringere, fchnell wechfelnde Helligkeitsunterfchiede bedingt. Da wir die Weite der Pupille im Auge jederzeit unwillkürlich der äufseren Helligkeit anpaffen, fo ermüdet diefes fortdauernde Verengern und Erweitern der Pupille das Auge beim Gaslicht fehr rafch. Glühlicht dagegen brennt bei gut eingerichteter Anlage, ganz befonders aus Accumulatoren, völlig ruhig.

Bei den Glühlampen ift der glühende Körper von der Umgebung durch die Glashülle völlig getrennt und brennt momentan durch und erlifcht, fobald die Glashülle verletzt ift. Beim Bogenlicht trennt eben fo die Glasglocke den Lichtbogen von der Umgebung. Die Feuersgefahr der offenen Flammen fällt alfo bei elektrifcher Beleuchtung völlig fort. Man darf aber nicht vergeffen, dafs aus demfelben Grunde, aus dem man jeden elektrifchen Leuchtkörper ohne Streichholz durch einfaches Schliefsen eines Contactes entzünden kann, die zufällige Berührung zweier metallifcher Leitungen auch ohne Weiteres Feuererfcheinungen erzeugt, die leicht zur Feuersgefahr führen können. Die weitaus gröfste Zahl der Brandfälle, deren Urfache bisher der elektrifche Strom gewefen ift, find durch liederliches Verlegen von Leitungen entftanden und wären bei einer gut inftallirten Anlage undenkbar gewefen. Befonders bei den beweglichen Leitungen und fog. proviforifchen Anlagen ift die gröfste Vorficht geboten. Letztere haben in den Theatern fchon manches kleine Unheil angerichtet. In allen Räumen (Mühlen, Pulverfabriken u. dergl.), in denen jedes offene Feuer vermieden werden mufs, dürfen weder Ausfchalter liegen, noch Bogenlichter brennen; die Glühlampen dürfen keine Hahnfaffungen haben und während des Brennens nicht aus der Faffung genommen werden; Bleificherungen müffen luftdicht verpackt fein.

96.
Koften der elektrifchen Beleuchtung.

Genaue Angaben der Beleuchtungskoften im Allgemeinen können nicht gemacht werden, da die örtlichen Verhältniffe jeder Anlage in diefer Hinficht Unterfchiede bedingen.

Bei Einzelanlagen, welche bei mindeftens 10000 *Volt-Ampère* Verbrauch, alfo z. B. 200 Glühlampen zu je 16 Kerzen, ein nicht zu grofses Gebiet verforgen und deren Dampfmafchine an eine gröfsere Keffelanlage angefchloffen werden kann, alfo bei Fabriken u. dergl., läfft fich die 16-kerzige Lampenftunde einfchl. Verzinfung und angemeffener Tilgung des Anlagekapitals, welches auch Dampfmafchine und Keffelmehrkoften umfafft, einfchl. ferner der entfprechenden Koften für Kohlen, Wartung, Oel, Lampenerfatz etc., für 2,0 bis 2,5 Pfennig herftellen. Bei Gas-Motoren-Betrieb dürfte fich die 16-kerzige Lampenftunde auf 3,0 bis 3,5 Pfennig ftellen.

Die Koften find übrigens in fehr hohem Grade von der Zahl der jährlichen Brennftunden abhängig. Vorftehende Zahlen dürften etwa für 1000 Brennftunden gelten.

Die gröfseren Centralen geben die 16-kerzige Brennftunde zu 3,5 bis 4,5 Pfennig ab. Aufserdem wird häufig eine jährliche Lampengebühr von 5 bis 8 Mark für die Glühlampe erhoben. Der Erfatz der durchgebrannten Glühlampen gefchieht entweder durch die Centrale oder auf Koften der Befitzer.

Bei Selbfterzeugung der Elektricität in nicht zu kleiner Anlage ift die elektrifche Beleuchtung meift nicht erheblich theuerer, gelegentlich billiger als Gasbeleuchtung von gleicher Helligkeit.

Bei einer mäfsigen Haus-Inftallation koftet, wenn diefelbe an eine Centrale angefchloffen wird, alfo keine Mafchinen und Mefsinftrumente erforderlich find, die fertig inftallirte Glühlampe im Durchfchnitt 20 bis 30 Mark. Für den etwa erforderlichen Elektricitätszähler wird, wie für die Gasmeffer, Miethe gezahlt. Der Anfchlufs der Hausleitung an die Strafsenleitung koftet, einfchl. Verbindungsmuffe, Kabel bis in das Haus und doppelpolige Bleificherung, je nach dem Hausverbrauch 80 bis 150 Mark.

Bei einer Einzelanlage von mindeftens 100 Glühlampen koftet, einfchl. Motor, Dynamo-Mafchine, Apparate etc., die fertig inftallirte Glühlampe je nach der Länge der Leitungen und der Ausftattung 70 bis 120 Mark.

Einige Einzelpreife find nachftehend angegeben; fie find nur als erfte Annäherung anzufehen und erleiden häufig bedeutende Schwankungen.

1) Dynamo-Mafchinen.

Leiftung:	2500	5000	10 000	20 000	30 000	40 000	50 000	*Volt-Ampère*;
Tourenzahl:	1400	1100	950	870	800	600	600	in der Minute;
Preis:	900	1300	2200	3800	5300	7000	8200	Mark.

Die vorftehenden Preife ergeben fich, wenn L die Leiftung (in *Volt-Ampère*) bedeutet, auch fehr nahe aus der Formel:

$$\text{Preis} = 0{,}16\ L + 500\ \text{Mark.}$$

Die ungefähre Tourenzahl ift mit angegeben worden, weil die Preife erheblich höhere werden, wenn geringere Tourenzahl verlangt wird.

2) Accumulatoren für Beleuchtungsbetrieb mit mäfsiger Beanfpruchung (fiehe Art. 91, S. 81). Bei Capacitäten von 100 bis 600 *Ampère*-Stunden koftet die *Ampère*-Stunde für jeden Sammler etwa 0,32 Mark. Eine Batterie von 60 Sammlern und 300 *Ampère*-Stunden, welche demnach z. B. mit 60 *Ampère* 120 Stück 16-kerzige Glühlampen 5 Stunden lang brennen könnte, würde alfo $60 \times 0{,}32 \times 300 = 5700$ Mark koften.

Die *Ampère*-Stunde Capacität bedingt für jeden Sammler etwa 0,14 cbdm äufseren Rauminhalt der Gefäfse und etwa 0,25 kg Gewicht des fertig zufammengeftellten Elementes.

3) Strommeffer für Meffungen bis zu 50 bis 1000 *Ampère*: 45 bis 100 Mark; Spannungsmeffer für Meffungen bis zu 60 bis 1000 *Volt*: 60 bis 90 Mark.

4) Eine Bogenlampe, einfchl. Armatur, Zufatzwiderftand, Aufzugsvorrichtung, Leitungsmaterial mittlerer Ausdehnung und Montage bei 4 bis 8 *Ampère*: 180 bis 260 Mark. Der ftündliche Kohlenverbrauch einer Bogenlampe koftet bei einer Stromftärke von

	4	6	8	10	12	16	*Ampère*
etwa	2	2,5	3	3,5	4	5	Pfennige.

Eine Glühlampe: 2,5 bis 3,5 Mark. Bei Abfchlüffen auf grofse Lieferungen foll die Lampe fchon zu 1,8 Mark vergeben worden fein.

Eine Glühlampenfaffung mit Hahn: 2,5 bis 3,0 Mark;

» » ohne Hahn: 1,5 Mark.

Ausfchalter für 3 bis 10 *Ampère* 2,5 bis 7,0 Mark, jedoch je nach der Conftruction fehr verfchieden; reicher ausgeftattete für Wohnzimmer theuerer.

5) Bleificherungen, einfchl. Faffung, 3 bis 100 *Ampère*, doppelpolig 3 bis 20 Mark, einpolig 2 bis 12 Mark, jedoch ebenfalls je nach der Ausftattung und Conftruction fehr verfchieden im Preife.

Lampenfeile ifolirt, für die Zuführung an Bogenlampen bis zu 8 *Ampère*, aus 75 Drähten von im Ganzen etwa 7 qmm Kupferquerfchnitt: 100 m etwa 60 Mark.

Doppelleitungsfchnur für die Zuleitung zu einzelnen verftellbaren Glühlampen, jede Leitung aus 25 Drähten von zufammen 0,8 qmm Querfchnitt: 100 m etwa 40 Mark.

6) Die nachftehend zufammengeftellten Preife von ifolirten Leitungen find felbftverftändlich vom Marktpreife des Kupfers ftark abhängig; fie gelten für eine mittlere Preislage des Kupfers.

Art der Isolirung	Durchmesser der Kupferseele (einzelner Draht) in Millim.	1	1,5	2	2,5	3	4	5
	Querschnitt der Kupferseele in Quadr.-Millim.	0,79	1,77	3,14	4,91	7,07	12,6	19,6
	Baumwollumspinnung, asphaltirt oder gewachst, dann Baumwollumflechtung feuersicher imprägnirt oder asphaltirt	7,5	11	15	22	28	41	56
	Gummibandumwickelung, dann asphaltirte oder getheerte Baumwollumwickelung, dann desgl. Baumwollumflechtung	12	18	25	30	40	60	90
	Guttapercha-Umpressung, dann asphaltirte doppelte Baumwollumwickelung, dann asphaltirte Garnumflechtung	20	26	35	46	57	90	140
	Bleikabel für oberirdische Leitungen, doppelte imprägnirte Garnumwickelung, dann imprägnirte Bandumwickelung, dann einfache Bleiumpressung	18	22	31	40	51	72	105
		Mark für 100 Meter.						
	Kabel aus 7, bezw. 19 Drähten, Gesammtquerschnitt in Quadr.-Millim.	11	15	22	29	38	48	60
	Umwickelung mit feuersicherem Band, dann mit gummirtem Band, dann Umflechtung mit Garn und getheert	45	60	90	110	140	170	205
	Bleikabel für unterirdische Leitungen; doppelte Umwickelung mit imprägnirtem Garn, dann Umwickelung mit imprägnirtem Band, dann doppelte Umpressung mit Blei, dann doppelte Umwickelung mit asphaltirtem Band	96	123	150	183	230	270	310
		Mark für 100 Meter.						

Literatur

über »Elektrische Beleuchtung«.

α) Allgemeines.

(Bücher und wichtigere Zeitschriften-Aufsätze [62]).

FONTAINE, H. *Éclairage à l'électricité.* Paris 1877. — 2. Aufl. 1879. — Deutsch bearbeitet von F. ROSS. 2. Aufl. Wien 1880.

FERRINI, R. Technologie der Elektricität und des Magnetismus. Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 414.

KILLINGWORTH HEDGES. *Useful information on practical electric lighting.* London u. New-York 1879.

HIGGS, P. *The electric light in its practical application.* London 1879.

FORGES, TH. Ueber die Principien der elektrischen Beleuchtung. Techn. Blätter 1879, S. 48.

Éclairage électrique des villes, des magasins, ateliers et appartements, au moyen de moteurs généraux d'une grande puissance, avec réseaux de distribution à domicile. Portefeuille économ. des mach. 1879, S. 33.

HEPWORTH, T. C. *The electric light: its past history and present position.* London 1879.

Revue des progrès des sciences dans leurs rapports avec l'architecture. L'éclairage électrique. Revue gén. de l'arch. 1879, S. 21, 71.

SHOOLBRED, J. N. *Electric lighting and its practical application.* London 1879.

[62]) So weit dieselben für den Architekten in Frage kommen.

SCHELLEN, H. Die magnet- und dynamo-elektriſchen Maſchinen, ihre Entwickelung, Conſtruction und praktiſche Anwendung. Köln 1879.

SCHELLEN, H. Die neueſten Fortſchritte auf dem Gebiete der elektriſchen Beleuchtung und der Kraftübertragung. Köln 1880.

BERNSTEIN, A. Die elektriſche Beleuchtung. Berlin 1880.

URQUHART, J. W. *Electric light. Its production and uſe etc.* London 1880.

HOSPITALIER, E. *Les principales applications de l'électricité.* Paris 1881.

CROMPTON, R. E. *The electric light for induſtrial uſes.* London 1880. — Deutſch von F. UPPENBORN. München 1881.

ARMENGAUD. *Manuel de l'éclairage électrique etc.* Paris 1881.

Electric lighting applied to buildings. Builder, Bd. 40, S. 533.

SLATER, J. *Electric lighting applied to buildings. Architect,* Bd. 25, S. 308.

ALGLAVE, E. & J. BOULARD. *La lumière électrique etc.* Paris 1882.

ROUTLEDGE, R. *Electric lighting.* London 1882.

MERLING, A. Elektrotechniſche Bibliothek. 1. Bd.: Die elektriſche Beleuchtung etc. Braunſchweig 1882. — 2. Aufl. 1884.

BEHREND, G. Das electriſche Licht. Halle 1883.

ZACHARIAS, J. Die elektriſchen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Wien 1883.

UHLAND, W. H. Handbuch für den praktiſchen Maſchinen-Conſtructeur. Leipzig 1883. II. Band: S. 103; III. Band: S. 461.

UHLAND, W. H. Das elektriſche Licht und die elektriſche Beleuchtung. Leipzig 1883.

KRÜSS, H. Die elektriſche Beleuchtung in hygieniſcher Beziehung etc. Hamburg 1883.

URBANITZKY, A. Die elektriſchen Beleuchtungs-Anlagen mit beſonderer Berückſichtigung ihrer praktiſchen Ausführung. Wien 1883. — 2. Aufl. 1890.

URBANITZKY, A. Das elektriſche Licht und die hierzu angewendeten Lampen, Kohlen und Beleuchtungskörper. Wien 1883.

GRAETZ, L. Die Elektricität und ihre Anwendungen zur Beleuchtung etc. Stuttgart 1883. — 2. Aufl. 1885.

HOLMES, A. B. *Practical electric lighting.* London 1883. — 3. Aufl. 1887.

VIVAREZ, H. *Notions générales ſur l'éclairage électrique.* Paris 1884. — 2. Aufl. 1886.

GORDON, J. E. H. *A practical treatiſe on electric lighting.* London 1884.

HAMMOND, R. *The electric light in our homes.* London 1884.

SWINTON, A. A. C. *The principles and practice of electric lighting.* London 1884.

Elektro-techniſche Bibliothek. Bd. 27: Das Glühlicht, ſein Weſen und ſeine Erforderniſſe. Von E. DE FODOR. Wien 1885.

HAGEN, E. Die elektriſche Beleuchtung etc. Berlin 1885.

JUPPONT, P. & W. HAMMOND. *L'éclairage électrique dans les appartements.* Paris 1886.

MAISONNEUVE, S. *La lumière électrique et ſes applications.* Paris 1886.

MAIER, J. *Arc and glow lamps: a practical treatiſe on electric lighting.* London 1886.

HERZBERG, A. Einrichtungsarbeiten für elektriſche Beleuchtung in Gebäuden. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 431, 443. Geſundh.-Ing. 1887, S. 17, 63.

SWINTON, A. A. C. *The elementary principles of electric lighting.* London 1886. — 2. Aufl. 1889.

Temporäre elektriſche Treppenflurbeleuchtung mittelſt Batterien. GLASER's Annalen f. Gewerbe u. Bauw., Bd. 21, S. 158.

Die elektriſche Hausbeleuchtung in ihrem gegenwärtigen Stand. Centralbl. f. Elektrotechnik 1887, S. 394.

SCHILLING. Ueber den gegenwärtigen Stand der elektriſchen Beleuchtung. München 1888.

MAY, O. Anweiſung für den elektriſchen Lichtbetrieb etc. Frankfurt a. M. 1888.

SALOMONS, D. *Management of accumulators and private light inſtallations.* London 1888.

WETTER, B. VAN. *Les applications de la lumière électrique.* Paris 1888.

BÖCKMANN. Ueber elektriſche Beleuchtungs-Anlagen in Wohnhäuſern. Deutſche Bauz. 1888, S. 618.

LEFÈVRE, J. *L'électricité à la maiſon.* Paris 1889.

Ferner:

The telegraphic journal and electrical review. London. Erſcheint ſeit 1873.

The electrician. Herausg. von G. TUCKER. London. Erſcheint ſeit 1878.

Zeitſchrift für angewandte Elektricitätslehre. Herausg. von PH. CARL. München u. Leipzig. 1879—82.

La lumière électrique. Red. von C. HERZ. Paris. Erſcheint ſeit 1879.

Elektrotechniſche Zeitſchrift. Red. von R. RÜHLMANN & R. PETSCH. Berlin. Erſcheint ſeit 1880.

L'électricien. Red. von E. Hospitalier. Paris. Erfcheint feit 1881.
Der Elektrotechniker. Herausg. von G. A. Ungar-Szentmiklósy. Wien. Erfcheint feit 1882.
The electrical engineer. Red. von F. L. Pope & G. M. Phelps. New-York. Erfcheint feit 1882.
Zeitfchrift für Elektrotechnik. Red. von J. Kareis. Wien. Erfcheint feit 1883.
Elektrotechnifche Rundfchau. Herausg. von G. Krebs. Halle a. S Erfcheint feit 1883.
Centralblatt für Elektrotechnik. Red. von Uppenborn. München. Erfcheint feit 1883.
Revue internationale de l'électricité et de fes applications. Red. von J.-A. Montpellier. Paris. Erfcheint feit 1884.

β) Ausgeführte Beleuchtungs-Anlagen.

Éclairage à la lumière électrique de la gare du Nord. *Portefeuille économ. des mach.* 1876, S. 45.
Clark & Briggs. *The lighting of the hall of reprefentatives by the Brufh dynamo-electric machine. Engng.*, Bd. 26, S. 206, 225.
Grosse-Teste, W. *Note fur une application de l'éclairage électrique faite à la filature du Champ du Pin à Epinal. Bulletin de la foc. de Mulhoufe* 1878, S. 22.
Elektrifches Licht für ein Hôtel. Deutfche Bauz. 1879, S. 316.
Die Erleuchtung der Bahnhofs-Halle des Königlichen Oftbahnhofes in Berlin durch elektrifches Licht. Ann. f. Gwb. u. Bauw., Bd. 5, S. 297. Deutfche Bauz. 1879, S. 446. Organ f. d. Fortfch. d. Eifenbahnw. 1880, S. 61.
Leonhardt, E. Elektrifche Beleuchtung des Wiener Südbahnhofes. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1880, S. 132.
Elektrifche Beleuchtung der Packet-Annahme im Hofpoft-Amtsgebäude zu Berlin. Skizzen-Buch f. d. Ing. u. Mafch. Heft 127.
The Jablochkoff electric light at the Palais de l'induftrie, Paris. Engng., Bd. 29, S. 62, 64.
The electric light at St. Enoch's railway ftation. Engng., Bd 30, S. 76.
Fonvielle, U. de. *L'éclairage électrique au palais des beaux arts. L'électricité* 1880, No. 10.
La lumière électrique à l'expofition de Bruxelles. Revue induftr. 1880, S. 433.
La lumière électrique et le gaz à l'Eden-théâtre à Bruxelles. Moniteur induftr. 1880, No. 33.
The electric light in the South Kenfington mufeum. Electrician, Bd. 5, Nr. 16.
Oelwein, A. Ueber die Anwendung der elektrifchen Beleuchtung auf deutfchen Bahnhöfen. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1881, S. 11, 20.
Schulze, O. Die elektrifche Beleuchtung der grofsen Oper in Paris. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 367.
L'éclairage électrique du château Holyrood. Lumière électrique 1881, Nr. 33.
The electric light at King's Crofs. Engineer, Bd. 52, S. 147.
Die elektrifche Beleuchtung des *Théâtre des Variétés* in Paris. Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 432.
Elektrifche Beleuchtung des Savoy-Theaters in London. *Engng.*, Bd. 33, S. 204. Polyt. Journ., Bd. 244, S. 204. Elektrotechn. Zeitfchr. 1882, S. 160.
Dumont, J. *La lumière électrique au bureau télégraphique et à la ftation de Bruxelles-Nord.* Brüffel 1882.
Guerout, A. *L'éclairage de la bibliothèque royale de Bruxelles. Lumière électrique* 1882, Nr. 22.
The electric light at the manfion houfe. Engineer, Bd. 53, S. 153. *Electrician* 1882, Nr. 18.
Marggraff, H. Die elektrifche Beleuchtung des k. Refidenztheaters in München. Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 218.
Der Umbau des Kgl. Hoftheaters in Stuttgart. 4. Elektrifche Beleuchtung. Deutfche Bauz. 1883, S. 618.
Jordan, P. Die elektrifche Beleuchtung des Savoy-Theaters in London und des Stadttheaters in Brünn. Gefundh.-Ing. 1883, S. 161.
L'éclairage électrique aux Magafins du Printemps. Gaz. des arch. 1883, S. 221, 224.
L'éclairage électrique aux grands Magafins du Louvre. Revue induftr. 1883, S. 409.
Electric lighting at the Brünn theatre. Engng., Bd. 35, S. 345.
The electric light at the Eden theatre, Paris. Engng., Bd. 35, S. 587.
The electric light in the Magafins du Louvre. Engng., Bd. 36, S. 84.
The electric light at the Magafins du Printemps. Engng., Bd. 36, S. 360.
Veröffentlichung der deutfchen Edifon-Gefellfchaft. II. Elektrifche Beleuchtung von Theatern mit Edifon-Glühlicht. Berlin 1884.
Funke. Die elektrifche Beleuchtung des neuen Central-Bahnhofes in Strafsburg. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 60, 73.
Marnier, A. *Éclairage électrique du Théâtre Royal, à Manchefter. Revue induftr.* 1884, S. 64.
L'éclairage électrique du théâtre de l'Ambigu. Revue induftr. 1884, S. 434.

The lighting of Bethnal-Green mufeum. Engineer, Bd. 58, S. 110.

Der Centralbahnhof der königlich ungarifchen Staatsbahnen in Budapeft. — Die elektrifche Beleuchtungs-Anlage. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1885, S. 204.

BARTET, G. *Note fur l'inftallation de l'éclairage électrique à l'hôtel de ville. Annales des ponts et chauffées* 1885–I, S. 990.

The electric light at the Paris opera. Engng., Bd. 40, S. 522.

The electric light at the Rochechouart baths, Paris. Engng., Bd. 41, S. 39.

PICHLER, M. R. v. Die elektrifche Beleuchtung der Lokalitäten des Gemeinderathes im neuen Rathhaufe zu Wien. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 133. — Auch im Buchhandel erfchienen: Wien 1887.

GAISBERG, S. v. Die elektrifche Beleuchtungsanlage im Kriegsminifterial-Gebäude in München. München 1887.

The electric light in the new town hall of Vienna. Engng., Bd. 53, S. 542, 594.

Die elektrifche Beleuchtung der Grofsen Oper in Paris. UHLAND's Techn. Rundfchau 1888, S. 25.

Die Anlage zur elektrifchen Beleuchtung der Kaifergallerie (Paffage) in Berlin. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1888, S. 701.

PETERS. Die Einrichtung der elektrifchen Beleuchtung im Stadttheater zu Magdeburg. Deutfche Bauz. 1889, S. 419.

Die elektrifche Beleuchtungsanlage des Königlichen Opernhaufes in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1889, S. 457.

C. Heizung und Lüftung der Räume.

Von Hermann Fischer.

97.
Zweck d. Heizung u. Lüftung.

Das Beftreben, lebende Wefen wie leblofe Dinge gegen die Einflüffe der Atmofphäre möglichft zu fchützen, fie vom Wechfel des Wetters unabhängig zu machen, führte zur Herftellung mehr oder weniger gefchloffener Wohn-, Werkftätten-, Lager- u. f. w. Räume.

Die Wände, Decken u. f. w. diefer Räume vermögen dem Inhalt derfelben ohne Weiteres den erforderlichen Schutz gegen Regen und Wind, wie gegen die Macht der Sonnenftrahlen zu gewähren; nicht aber find fie im Stande, die Unannehmlichkeiten zu befeitigen, welche der Temperaturwechfel der Atmofphäre im Gefolge hat. Es giebt Stoffe, welche für Waffer, Luft und Licht undurchläffig find, nicht aber folche, welche den Durchgang der Wärme verhüten könnten. So ift man gezwungen, fo fern man in einem gefchloffenen Raume eine vom Zuftande der Atmofphäre unabhängige Temperatur fich fchaffen will, in diefem Raume Wärme frei zu machen oder zu binden, Einrichtungen zu fchaffen, welche nach Bedarf erwärmend oder abkühlend wirken.

Der Stoffwechfel der Warmblüter erfordert eine beftimmte Temperatur des Blutes (Blutwärme der Menfchen: 36,0 bis 37,5 Grad), die nur wenig über- oder unterfchritten werden darf, wenn Störungen des Lebensvorganges vermieden werden follen. Sie wird unterhalten durch fortwährende Wärme-Zufuhr, herrührend von der Verbrennung der abgängigen Körpertheile, und durch fortwährende Wärme-Abfuhr von der Oberfläche der hierzu geeigneten Hauttheile. Die Wärme-Abfuhr fetzt einen Temperatur-Ueberfchufs voraus; da der Stoffwechfel ununterbrochen Wärme frei macht, fo mufs die Temperatur des Körpers diejenige der ihn umgebenden Luft um eine beftimmte, von der Wärme-Zufuhr abhängige Gröfse überragen. Die Entwärmung des Körpers, das Mafs und die Art derfelben find von fo erheblichem Einflufs auf den Stoffwechfel, dafs ihre Fehler den letzteren theilweife oder ganz zu ftören vermögen.

Es ift hier nicht der Ort, die Erfcheinungen zu erörtern, welche eine gröfsere oder geringere Entwärmung der einzelnen Körpertheile hervorrufen; Bekleidung und Gewohnheiten regeln in diefer Beziehung. Für den vorliegenden Zweck genügt es, als Ziel der Beheizung eine zutreffende Entwärmung der Körper zu bezeichnen. Die Wärme-Abfuhr erfolgt theilweife durch Berührung der kühleren Luft mit der wärmeren Haut, theils durch Strahlung gegenüber der Luft, den Wänden und anderen Flächen des betreffenden Raumes. Ihr Erfolg hängt daher ab von der Temperatur der den Körper umgebenden Luft, fo wie von der Temperatur der Wände und fonftigen Gegenftände, welche fich in der Nähe des in Frage kommenden Körpers befinden.

Die Aufgabe der Beheizung läfft fich hiernach in die folgenden zwei Sätze zufammenfaffen:

1) Der Inhalt wie die Einſchlieſsungsflächen eines Raumes ſind auf beſtimmte Temperaturen, welche nicht unter ſich gleich zu ſein brauchen, zu erwärmen, bezw. abzukühlen;

2) nach Erreichung der geforderten Temperaturen ſind dieſelben dauernd zu erhalten, entweder durch Wärme-Zuſuhr oder -Abfuhr.

Die oben erwähnte Verbrennung der abgängigen Körpertheile entzieht der Luft Sauerſtoff und führt derſelben Kohlenſäure und Waſſerdampf zu. Es finden auſserdem Gasbildungen, bezw. Luftverunreinigungen ſtatt, die weniger leicht oder gar nicht zu verſolgen ſind, und — theils, weil man ſie nicht kennt — im Verdacht beſonderer Geſährlichkeit ſtehen. Endlich ſtammen Verunreinigungen der Luft her von Zerſetzungen des Schmutzes, von den Mitteln, welche zur künſtlichen Beleuchtung benutzt werden, und von den Arbeitsvorgängen, die in dem betreffenden Raume ſtattfinden.

Der ordnungsmäſsige Verlauf des Stoffwechſels erfordert Unſchädlichmachung der genannten Luftverunreinigungen. Dieſem Zwecke dient die Lüftung oder Ventilation, indem dieſelbe entweder:

3a) die nicht athembaren Gaſe oder ſonſtigen Gebilde, welche geeignet ſind, die Luft zu verunreinigen, unter gleichzeitigem Erſatz der verbrauchten reinen Luft abführt, bevor ſie Gelegenheit hatten, ſich der Luft beizumiſchen, oder

3b) die Verunreinigung durch Zuführen ſog. reiner Luft und Abführen einer entſprechenden Menge verunreinigter Luft auf ein zuläſſiges Maſs verdünnt.

Man bemerkt, daſs die Lüftung nicht ohne die Heizung beſtehen kann, indem die zuzuführende Luft, welche dem Freien entnommen werden muſs, in der Regel eine andere Temperatur hat, als diejenige des zu lüftenden Raumes.

98.
Mittel
zur
Erwärmung.

Das einfachſte Mittel zum Erwärmen eines geſchloſſenen Raumes iſt das offene Feuer, welches ſeine Wärmeſtrahlen theils der Luft unmittelbar ſendet, theils auf die zu erwärmenden Körper wirft und durch Vermittelung dieſer die Luft erwärmt. Es wird als Luxusgegenſtand noch heute in Geſtalt der ſog. Kamine verwendet.

Die Alten, wenigſtens die Römer, beheizten ihre Bäder — in den Wohnungen ſcheint das Bedürfniſs einer Heizung ſelbſt zur Glanzzeit des alten Rom wenig empſunden worden zu ſein, was ſich aus dem milden Klima erklärt — indem ſie die im Feuerraum (Hypocauſis) entwickelten Rauchgaſe durch einen niedrigen, unter dem Steinfuſsboden befindlichen Raum (das Hypocauſtum) und von dieſem aus in zahlreichen lothrechten, in den Wänden angebrachten Schächten über Dach führten. Sie erwärmten ſomit die Einſchlieſsungsflächen des Raumes und namentlich den Fuſsboden deſſelben. Dieſes Beheizungsverfahren hat, trotz lebhafter Fürſprache[63]) und trotz einiger Vorzüge, bisher ſich nicht einzuführen vermocht, da für die meiſten Fälle erhebliche Mängel die Vorzüge dieſer Beheizungsart bei Weitem überragen.

Bei näherem Hinſchauen bemerkt man überdies, daſs ſelbſt in dieſen altrömiſchen Bädern höchſtens die Hälfte der Einſchlieſsungsflächen erwärmt wird; der Reſt läſſt Wärme nach auſsen abflieſsen, welche nur von der ſie beſpülenden Luft geliefert werden kann.

So findet man in der alten Fuſsboden- und Wandheizung bereits das zur Zeit

---

63) Siehe: Berger, J. Moderne und antike Heizungs- und Ventilationsmethoden. Berlin 1870.

allgemein gebräuchliche Mittel zur Erwärmung der Einfchliefsungsflächen, wie des Inhaltes gefchloffener Räume: die Lufterwärmung im Gebrauch.

Die Luft fpielt hierbei die Rolle eines Wärmeträgers und -Vertheilers; fie entnimmt die Wärme den fog. Heizflächen, welche fich innerhalb oder aufserhalb des zu beheizenden Raumes befinden können, und vertheilt fie fchliefslich an alles in dem betreffenden Raume zu Erwärmende. Vermöge ihrer grofsen Beweglichkeit vermag fie den angedeuteten Dienft auf gröfsere Entfernungen zu verrichten und ermöglicht damit die Erwärmung eines Raumes und feiner Einfchliefsungsflächen von einer verhältnifsmäfsig kleinen Wärmequelle, den Heizflächen aus.

So fern die Heizflächen in dem zu beheizenden Raume untergebracht find, läfft man die Wärmeftrahlen derfelben nicht felten unvermittelt in den Raum treten. Diejenigen Wärmeftrahlen, welche den Körper eines lebenden Gefchöpfes treffen, beeinfluffen diefen einfeitig, wefshalb fie auf die Dauer höchft läftig werden können. Jedoch wird von einigen Perfonen behauptet, dafs eine gewiffe Wärmeftrahlung, wenn nicht das Wohlbefinden fördernd, fo doch angenehm fei, wefshalb der unvermittelten Wärmeftrahlung neben der Lufterwärmung nicht jede Berechtigung abgefprochen werden kann.

Die erfte Aufgabe zur Erreichung oben genannter Ziele ift die Beftimmung derjenigen Wärmemenge, welche den Räumen zugeführt, bezw. entzogen werden mufs, fo wie die Unterfuchung, welche Mengen von Luftverunreinigungen zu befeitigen find. Erft nach Löfung diefer Vorfragen können die Mittel zur Erreichung des Verlangten ihrer Art und ihrem Umfange nach näher beftimmt werden.

Die Mittel zur Erreichung einer genügend reinen Luft find in den auf S. 92 unter 3a und 3b angeführten Sätzen vorläufig genügend gekennzeichnet.

Literatur.

Bücher über »Heizung und Lüftung im Allgemeinen«.

PÉCLET, E. *Traité de la chaleur confidérée dans fes applications.* Paris 1828. — 3. Aufl. 1861. — Deutfch von C. HARTMANN. Neue (Titel-)Ausg. Leipzig 1866.

MEISSNER, P. T. Die Heizung mit erwärmter Luft. 3. Aufl. Wien 1826.

HEIGELIN, C. M. Handbuch der Heizung. Stuttgart 1827.

WHITWELL, S. *On warming and ventilating houfes and buildings etc.* London 1834.

INMAN, W. S. *Principles on ventilation, warming, and the transmiffion of found.* London 1836.

TREDGOLD, TH. *Principles of warming and ventilating public buildings.* London 1836. — Deutfch von KÜHN. Leipzig 1837.

TREDGOLD, TH. *Treatife on warming and ventilating.* London 1842.

PÉCLET, E. *Nouveaux documents relatifs au chauffage et à la ventilation des établiffements publics etc.* Paris 1843. — Deutfch von C. HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1863.

REID, D. B. *Illuftrations of the theory and practice of ventilation.* London 1844.

BERNAN, W. *The hiftory of the art of warming and ventilating rooms and buildings.* London 1845.

HOOD, CH. *On warming buildings and on ventilation.* London 1846.

BURN, R. S. *Practical handbook of the ventilation of public, private and agricultural buildings.* London 1849. — Deutfch von C. HARTMANN. Leipzig 1851.

HOOD, CH. *A practical treatife on warming buildings by hot water, fteam, and hot air, on ventilation etc.* Neue Ausg. London 1855. — 6. Aufl. 1885.

PETTENKOFER. Ueber den Luftwechfel in Wohngebäuden. München 1859.

ARTMANN, F. Allgemeine Bemerkungen über Ventilation und die verfchiedenen auf die Güte der Luft Einflufs nehmenden Verhältniffe. Prag 1860.

WOLPERT, A. Principien der Ventilation und Heizung. Braunfchweig 1860.

SCHINZ, C. Die Heizung und Ventilation in Fabrikgebäuden etc. Stuttgart 1861.

WEISS, TH. Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen. Zürich 1862.

RITCHIE, C. E. *A treatiſe on ventilation natural and artificial.* London 1862.

REDTENBACHER, F. Der Maſchinenbau. 2. Band. Mannheim 1863.

RUTTER, H. *Ventilation and warming of buildings.* New-York 1863.

MORIN, A. *Études ſur la ventilation.* Paris 1863.

VALÉRIUS, H. *Les applications de la chaleur, avec un exposé des meilleurs ſyſtèmes de chauffage et de ventilation.* Brüſſel 1866. — 3. Aufl. Gent 1880.

JOLY, V. CH. *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la diſtribution des eaux dans les habitations particulières.* Paris 1868.

LEEDS, W. *Lectures on ventilation: being a courſe delivered in the Franklin Inſtitute of Philadelphia, during the winter of 1866—67.* New-York 1868.

WEBER, K. Luft und Licht in menſchlichen Wohnungen. Vortrag in der Reihe der von dem »Frauenverein für Krankenpflege« veranſtalteten populären Vorleſungen. Darmſtadt 1869.

CASTAREDE-LABARTHE, P. *Du chauffage et de la ventilation des habitations privées.* Paris 1869.

DEGEN, L. Praktiſches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung von öffentlichen und Privatgebäuden etc. München 1869. — 2. Aufl. 1878.

EDWARDS, F. *The ventilation of dwelling houſes.* London 1869. — 2. Aufl. 1880.

GROTHE, H. Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen für Fabrik, Gewerbe und Haus. Weimar 1870.

Sammlung gemeinverſtändlicher wiſſenſchaftlicher Vorträge. Herausg. von R. VIRCHOW u. F. v. HOLTZENDORF. Heft 112: Moderne und antike Heizungsmethoden. Von J. BERGER. Berlin 1870.

TRONQUOY, C. *Un chapitre ſur le chauffage et la ventilation.* Paris 1871.

LEEDS, L. W. *Treatiſe on ventilation: ſeven lectures in Philadelphia. 1866—68.* New-York 1871. — Neue Aufl. Philadelphia 1876.

Recherches ſur la ventilation naturelle et ſur la ventilation artificielle. Brüſſel 1873.

BUTLER, W. F. *Ventilation of buildings.* London 1873.

MORIN, A. *Salubrité des habitations. Manuel pratique du chauffage et de la ventilation.* Paris 1874.

GRASHOF, F. Theoretiſche Maſchinenlehre. 1. Band. Mechaniſche Wärmetheorie, Hydraulik, Heizung. Leipzig 1875.

BOSC, E. *Traité complet théorétique et pratique du chauffage et de la ventilation des habitations particulières et des édifices publics.* Paris 1875.

MUNDE, C. Zimmerluft, Heizung und Ventilation etc. Leipzig 1876. — 2. Aufl. 1877.

FERRINI, R. Technologie der Wärme, Feuerungsanlagen, Oefen, Heizung und Ventilation der Gebäude etc. Deutſch von M. SCHRÖTER. Jena 1877.

Bericht über die Weltausſtellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der Oeſterreichiſchen Commiſſion. 17. Heft: Heizung, Ventilation und Waſſerleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877.

STROTT, G. K. Ventilation und Desinfection der Wohnräume, nebſt Conſervirung der in Wohnhäuſern vorkommenden organiſchen Körper. Holzminden 1877.

HAESECKE, E. Theoretiſch-praktiſche Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.

C. L. STAEBE's Preisſchrift über die zweckmäſsigſten Ventilations-Syſteme. Redigirt, durch Anmerkungen und einen Anhang vervollſtändigt von A. WOLPERT. Berlin 1878.

BIRD, P. H. *On the ventilation of rooms, houſe-drains, ſoil-pipes, and ſewers.* London 1879.

WAZON, A. *Chauffage et ventilation des édifices publics et privés.* Paris 1879.

MEINERS, H. Das ſtädtiſche Wohnhaus der Zukunft oder wie ſollen wir bauen und auf welche Weiſe ventiliren und heizen? Stuttgart 1879. — 2. Aufl. 1880.

Deutſche bautechniſche Taſchenbibliothek. Heft 49: Die Ventilation der bewohnten Räume. Von AHRENDTS. Leipzig 1880. (2. Aufl. 1886). — Heft 50: Die Zentralheizungen der Wohnhäuſer, öffentlicher Gebäude etc. Von AHRENDTS. Leipzig 1881. (2. Aufl. 1885.)

WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunſchweig 1880.

PLANAT, P. *Cours de conſtruction civile. 1e partie: Chauffage et ventilation de lieux habités.* Paris 1880.

SCHOLTZ, A. Feuerungs- und Ventilations-Anlagen. Carlsruhe 1881.

NAUMANN, A. Die Heizungsfrage, mit beſonderer Rückſicht auf Waſſergaserzeugung und Waſſergasheizung. Gieſsen 1881.

CONSTANTINE, J. *Practical ventilation and warming.* Mancheſter 1881.

A treatiſe on ventilation. Compriſing ſeven lectures delivered before the Franklin Inſtitute. New-York 1882.

DENY, E. *Chauffage et ventilation rationelle des écoles, habitations etc.* Paris 1882. — Deutſch von E. HAESECKE. Berlin 1886.

ULMI, K. Populäre Mittheilungen über Heizung und Ventilation etc. Bern 1883.
FISCHER, F. Tafchenbuch für Feuerungstechniker etc. Stuttgart 1883.
UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. II. Band. Leipzig 1883. S. 65.
SCHWARTZE, TH. Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1884.
HAUSDING, A. Die Heizungs-, Ventilations- und Trocken-Anlagen, Dampf-Koch-, Wafch- und Bade-Einrichtungen der Actiengefellfchaft *Schäffer & Walcker* in Berlin. Berlin 1884.
ROMAIN, A. *Nouveau manuel complet du chauffage et de la ventilation.* Paris 1884.
BILLINGS, J. S. *The principles of ventilation and heating etc.* London 1884.
JAUNEZ, A. *Manuel du chauffeur etc.* 1. u. 2. Aufl. London 1884.
STURM, E. Der gegenwärtige Stand der Heizfrage etc. Würzburg 1885.
PAUL, F. Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Wien 1885.
EINBECK, J. Der gegenwärtige Stand der Heizungs-Technik. Hagen 1886.
FANDERLIK, F. Elemente der Lüftung und Heizung. Wien 1887.
FISCHER, F. Feuerungsanlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke. Karlsruhe 1889.

---

5. Kapitel.

Zu- und abzuführende Wärmemenge.

a) Wärmemenge, welche in Folge der Benutzung der Räume frei wird.

99.
Stoffwechfel der Menfchen.

Wenn man von Sonderfällen abfieht, fo find im vorliegenden Sinne nur zwei Wärmequellen zu nennen, nämlich der Stoffwechfel der Menfchen und die Beleuchtung mit Gas. Alle übrigen regelmäfsig auftretenden Wärmequellen können den genannten gegenüber vernachläffigt werden.

Die Wärmeentwickelung in Folge Verbrennung der abgängigen Körpertheile ift aufserordentlich fchwankend. Sie hängt ab von der Menge und Art der Nahrung, von dem körperlichen Zuftande und der Befchäftigung der Menfchen. Auch der Gemüthszuftand dürfte nicht ohne Einflufs fein. Im Allgemeinen entwickeln kräftige Menfchen mehr Wärme als fchwächliche, Erwachfene mehr als Kinder, Männer mehr als Frauen.

Nach *v. Pettenkofer* und *Voit*[64]) liefert der Stoffwechfel eines erwachfenen Menfchen in der Stunde durchfchnittlich 125 Einheiten, wenn unter einer Wärmeeinheit, wie hier immer, diejenige Wärmemenge verftanden wird, welche 1 kg Waffer um 1 Grad C. zu erwärmen vermag. Diefe Wärmemenge wird indeffen nicht vollftändig zum Erwärmen des betreffenden Raumes benutzt, vielmehr ein erheblicher Theil, zuweilen bis zu 1/3 oder mehr, durch die Wafferverdunftung der Körperoberfläche gebunden. So fern die Zimmerluft geeignet ift, entfprechende Waffermengen aufzunehmen, alfo unter den gewöhnlichen Verhältniffen eines gut gelüfteten Raumes, wird man für einen erwachfenen Mann eine ftündliche Zufuhr von 100 Einheiten rechnen können, während für Kinder durchfchnittlich 50 Einheiten ftündlich gerechnet werden dürfen.

100.
Gasbeleuchtung.

In Art. 52 (S. 49) wurde bereits angegeben, dafs 1 cbm Gas je nach feiner Zufammenfetzung bei der Verbrennung 4000 bis 7000 Einheiten entwickele; als Mittelwerth dürften 6000 Einheiten anzunehmen fein. Angefichts der erheblichen Verfchiedenheiten wird man in befonderen Fällen fich Kenntnifs von der Zufammenfetzung des Gafes verfchaffen und die Wärmeentwickelung nach dem Ver-

---

64) Siehe: PETTENKOFER, M. v. Kleidung, Wohnung, Boden. Populäre Vorlefungen. Braunfchweig 1872. S. 6.

fahren berechnen, welches weiter unten, bei Befprechung der Brennftoffe, angegeben werden wird.

Nach *F. Fifcher*'s Verfuchen [65]) erzeugen die verfchiedenen Lichtquellen fehr verfchiedene Wärmemengen. In der hier folgenden Zufammenftellung ift die Wärmeentwickelung der Lichtquellen auf 100 Kerzen Lichtftärke bezogen; es find auch die erzeugten Dampf- und Kohlenfäuremengen hinzugefügt.

Die ftündliche Erzeugung von 100 Kerzen liefert:

Beleuchtungsart	Wafferdampf	Kohlenfäure	Wärme
Elektrifches Bogenlicht	—	Spuren	57 bis 158
» Glühlicht	—	—	290 » 536
Leuchtgas, *Siemens*-Lampe	—	—	etwa 1500
» *Argand*-Brenner	0,86	0,46	» 4860
» Zweilochbrenner	2,14	1,14	» 12150
Erdöl, gröfster Rundbrenner	0,22	0,32	» 2400
» kleiner Flachbrenner	0,80	0,92	» 7200
Solaröl, Lampe von *Schufter & Baer*	0,37	0,44	» 3360
» kleiner Flachbrenner	0,80	0,95	» 7200
Rüböl, Carcel-Lampe	0,52	0,61	» 4200
» Studirlampe	0,85	1,00	» 6800
Paraffin-Kerze	0,99	1,22	» 9200
Wallrathkerze	0,89	1,17	» 7960
Wachskerze	0,88	1,18	» 7960
Stearinkerze	1,04	1,30	» 8940
Talgkerze	1,05	1,45	» 9700
	Kilogramm.		Wärmeeinheiten.

Die Wafferdampf- und Kohlenfäureentwickelung der *Siemens*-Lampe ift nicht angegeben, weil angenommen wird, dafs die Rauchgafe derfelben befonders abgeführt werden. Hindert man die Rauchgafe, mit der Luft des beleuchteten Raumes fich zu mifchen, fo befeitigt man damit nicht die Erwärmung der Luft Seitens erfterer; vielmehr findet die Wärme-Zufuhr noch auf zwei Wegen ftatt: nämlich mittels Ueberleitung derfelben durch die Abfchliefsungsflächen und mittels Strahlung. Erfterer Theil läfft fich durch zweckmäfsige Anordnungen fehr gering machen; letzterer Theil entzieht fich jeder Beeinfluffung, es fei denn, dafs man die Lichtftrahlen, wie die Wärmeftrahlen durch folche Stoffe leitete, welche von letzteren gröfsere Mengen verfchlucken.

b) Wärmeftrahlung und Wärmeleitung.

101. Wärme-ftrahlung.

Die Wärmemenge, welche die Fläche eines von der Luft oder einer anderen Flüffigkeit berührten Körpers mit diefer austaufcht, ift auf Grund der bisherigen Beobachtungen nur fchwer zu beftimmen. Sie wird theils durch Berührung der in Rede ftehenden Fläche mit der Flüffigkeit, fonach durch Ueberleitung, theils durch Strahlung übertragen.

Die Menge der Wärme, welche durch Strahlung ausgetaufcht wird, ift abhängig von dem Unterfchied der Temperaturen der erften Fläche gegenüber der von den Wärmeftrahlen getroffenen Fläche und von dem Zuftande der beiden Flächen. Den Zuftand der getroffenen Fläche vernachläffigt man gemeiniglich, obgleich derfelbe in eben dem Mafse fich geltend macht, wie derjenige der erften Fläche im vorliegenden Sinne, wohl nur um die Rechnungen zu vereinfachen.

Den Zuftand der ftrahlenden Fläche berückfichtigt man durch Erfahrungszahlen, welche hier mit s bezeichnet werden follen.

---

[65]) Siehe: WAGNER, R. v. Handbuch der chemifchen Technologie. 12. Aufl. von F. FISCHER. Leipzig 1886. S. 965.

Dulong und *Petit* haben, auf Grund zahlreicher Verfuche, folgenden Ausdruck für die durch Strahlung im luftleeren Raume ftündlich von 1 qm Fläche abgegebene Wärme W_s aufgeftellt:

$$W_s = 125\, s\, (1{,}0077^{t_1} - 1{,}0077^{t_2}), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 11.$$

worin t_1 die Temperatur der ftrahlenden, t_2 diejenige der beftrahlten Fläche bedeutet. Die Formel gilt für Temperatur-Unterfchiede bis zu 260 Grad.

Nach *H. Buff*[66]) verfchluckt die atmofphärifche Luft im gewöhnlichen Zuftande etwa die Hälfte der Wärmeftrahlen, während die andere Hälfte freien Durchlafs findet. Andere Beobachter[67]) haben hiervon abweichende Werthe gefunden. Immerhin würde der eingeklammerte Werth für die Berechnung der Strahlung im lufterfüllten Raume in zwei Theile zerlegt werden müffen; der eine derfelben würde die beiden Temperaturen t_1 und t, d. h. diejenigen der ftrahlenden Fläche und der Luft, die andere die Temperaturen t_1 und t_2, d. h. diejenigen der ftrahlenden und der hinter der Luft befindlichen beftrahlten Fläche enthalten müffen.

Letztere Fläche befteht, wenn es fich z. B. um die Wärmeausftrahlung der Aufsenwand eines Haufes handelt, oft aus den Wänden der gegenüber liegenden Gebäude. Diefe find häufig wärmer, als die zwifchen beiden Flächen befindliche Luft, bei grofser Kälte, die vorzugsweife berückfichtigt werden mufs, niemals kälter als diefelbe. Häufig fehlen derartige beftrahlte fefte Flächen. In vielen Fällen mufs daher für t_2 die Temperatur t eingefchaltet werden. Die auszuführende Anlage zur Erreichung einer vom Freien unabhängigen Temperatur mufs dem gröfsten Wärmeaustaufch gewachfen fein, wefshalb es zuläffig erfcheint, in der Regel t für t_2 einzufetzen. Die von einem Heizkörper beftrahlte, jenfeits der denfelben umgebenden Luft befindliche Fläche ift meiftens kälter, als die Luft; ihre Temperatur ift jedoch fchwer vorab zu beftimmen. Da nun bei Berechnung des Heizkörpers die möglicherweife eintretende ungünftigfte Wärmeabgabe ausfchlaggebend ift, fo ift es nicht weniger berechtigt, auch für diefen Fall in der Regel t für t_2 einzufetzen.

Das Verfchlucken der Wärmeftrahlen Seitens der Luft findet in dem der ftrahlenden Fläche zunächft liegenden Raume ftatt. Die Temperatur diefes Luftraumes ift, wie fpäter näher erörtert werden wird, nur fchwer oder gar nicht zu beftimmen; jedenfalls ift fie höher, als die mittels eines Thermometers gemeffene Temperatur. Wenn trotzdem letztere Temperatur für diejenige der beftrahlten Lufttheilchen eingefetzt wird, fo findet eine Ausgleichung des Fehlers ftatt, welcher in der Einführung der Gröfse t für t_2 liegt.

Für die gleichfam negative Strahlung der kälteren Innenflächen der Wände auf die Luft, fo wie auf Menfchen, Möbel und andere Geräthe, die fich in einem Raume befinden, gelten, wie leicht überfehen werden kann, diefelben Erwägungen.

Die Form der Gleichung 11 ift jedoch eine fo wenig bequeme, dafs fie hier nicht angewendet werden foll.

Für Temperatur-Unterfchiede bis zu 60 Grad liefert die *Péclet*'fche Formel, welche unter 12 angeführt wird, faft genau diefelben Werthe, wie Formel 11, wefshalb fie, ihrer Einfachheit halber, für die Wärmeftrahlung derjenigen Flächen, welche

---

66) Siehe: POGGENDORF's Annalen, Bd. 158, S. 177.

67) Siehe ebendaf., Bd. 112, S. 351, 497; Bd. 113, S. 1; Bd. 114, S. 632, 635.

zwifchen der freien Luft und dem in Frage kommenden gefchloffenen Raume eintritt, benutzt werden foll. Sie lautet:

$$W_s = s\,[1 + 0{,}0056\,(t_1 - t)]\,[t_1 - t], \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 12.$$

wenn die fefte Fläche wärmer ift, als die Luft.

Für gröfsere Temperatur-Unterfchiede mufs man fich mit einem abgekürzten Rechnungsverfahren begnügen, weil die Temperaturen felbft nicht mehr genau genug verfolgt werden können.

Was den Werth s anbelangt, fo liegt über denfelben eine Zahl von Verfuchen vor, welche nachftehend, fo weit fie für das Beheizungswefen Bedeutung haben, zufammengeftellt find. Aus der Benennung der Oberflächen geht hervor, dafs die Zahlen, welche die hier folgende Tabelle enthält, keine vollftändig genauen fein können. Ich mache in diefer Hinficht auf die Gegenüberftellung des gewöhnlichen Eifenbleches (mit $s = 2{,}7$) und des roftigen Eifenbleches (mit $s = 3{,}3$) aufmerkfam. Für den vorliegenden Zweck müffen die Zahlen genügen, insbefondere auch die Feinheiten vernachläffigt werden, welche den Farbenverfchiedenheiten, der Temperaturhöhe u. A. entfpringen.

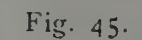
Bezeichnung der Oberfläche:	s	Bezeichnung der Oberfläche:	s
Blankes Kupfer	0,16	Neues Gufseifen	3,2
Zinn	0,22	Roftiges Eifenblech	3,3
Zink	0,24	Kohlenftaub	3,4
Blankes Meffing	0,26	Holz, Gyps, Baufteine, Baumwollen-, Wollen- und Seidenftoffe. Oelfarbenanftrich .	3,6
Blankes Eifenblech	0,45		
Weifsblech	0,65	Papier	3,8
Gewöhnliches Eifenblech	2,7	Rufs	4,0
Glas	2,9	Waffer	5,3

102. Wärmeleitung.

Die Wärmeübertragung, welche vermöge der Berührung von Luft und Körperoberfläche ftattfindet, ift ihrer Menge nach weit weniger genau feft zu ftellen, als die geftrahlte Wärme. Sie fcheint lediglich von dem Temperatur-Unterfchiede abzuhängen, welcher zwifchen der Oberfläche und der fie berührenden Luft herrfcht. Wenn man im Stande ift, die Oberflächen-Temperatur eines Körpers einigermafsen genau zu beftimmen, fo fehlen doch bisher noch die Mittel zur Beftimmung der Temperatur derjenigen Lufttheilchen, welche die Körperoberfläche befpülen; diejenige Lufttemperatur, welche wir meffen können, ift eine andere als die foeben genannte.

Die Thermometerkugel C (Fig. 45) erlaubt fowohl wegen ihrer Gröfse, als auch wegen des Einfluffes der Strahlung der Fläche AB — welche durch geeignete Schirme möglichft unfchädlich gemacht werden mufs — ein Eintauchen in die mit der Fläche AB in Berührung ftehende Luft, welches nothwendig fein würde, wenn man die Temperatur derfelben meffen wollte, nicht. Es fei AB wärmer, als die berührende Luft. Alsdann wird die mit AB in Berührung ftehende Luftfchicht erwärmt; fie führt einen Theil der aufgenommenen Wärme durch Leitung der benachbarten Luftfchicht zu. Wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Luft kann hierdurch nur eine geringe Wärmemenge weiter geführt werden; der gröfsere Theil der von AB abgegebenen Wärme wird daher in der diefe Fläche unmittelbar berührenden Luftfchicht aufgefpeichert, fonach deren Temperatur erhöht. Weil die Raumeinheit der fo leichten Luft nur geringe Wärmemengen aufzunehmen vermag, fo ift die Temperaturfteigerung der Luft eine fehr rafche, wenn nicht noch andere Einflüffe fich geltend machen.

Fig. 45.



In Folge der Temperaturerhöhung mindert fich das Einheitsgewicht der den Körper berührenden Luftfchicht; ift nun AB lothrecht, fo bewegt fich die Luftfchicht nach oben und macht anderer, kälterer Luft Platz, d. h. es wird die Temperatur der Luft in unmittelbarer Nähe von AB verringert, der Temperatur-Unterfchied vergröfsert. Ift AB

dagegen wagrecht gelegen und abwärts gerichtet (Fig. 46), fo vermag die wärmere Luft nicht nach oben zu fteigen; fie bleibt alfo in Berührung mit AB, erwärmt fich mehr und mehr und verhindert fchliefslich die Wärmeabgabe bis auf die geringe Menge, welche durch Leitung der Luft weiter befördert wird. Einen dritten möglichen Fall ftellt Fig. 47 vor. Die Fläche AB ift wagrecht, aber nach oben gerichtet. In diefem Falle wird die durch AB unmittelbar erwärmte Luft mit grofser Entfchiedenheit nach oben fich bewegen und durch kältere Luft erfetzt werden.

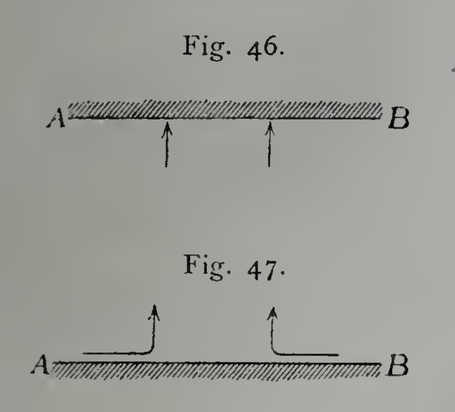


Fig. 46.

Fig. 47.

Auch die Begrenzung der Fläche AB, fo wie die Ausdehnung derfelben fpielen hierbei eine nicht unwichtige Rolle. Ift z. B. AB in dem Falle der Fig. 47 fehr grofs, vielleicht auch von lothrechten Wänden umrahmt, fo wird die kalte Luft ausfchliefslich von oben nach unten zuftrömen müffen, hierbei der wärmeren Luft begegnen und wegen der vielfachen Berührung mit diefer, in Folge entftehender Wirbel, von diefer Wärme aufnehmen, während eine kleine nicht umrahmte Fläche AB den gröfsten Theil der kälteren Luft durch wagrechte Ströme zugeführt erhält.

Andere Flächenlagen, als die hier kurz befprochenen, haben Erfcheinungen im Gefolge, welche zwifchen den genannten liegen.

So fern die Fläche AB kälter ift, als die umgebende Luft, treten die erwähnten Erfcheinungen in umgekehrter Richtung auf.

Von noch entfchiedenerem Einflufs auf die wirkliche Lufttemperatur in unmittelbarer Nähe der Körperoberfläche ift die Bewegung der Luft durch äufsere Einflüffe. In einem ftark befetzten Saale kann der Aufenthalt ein unangenehmer dadurch fein, dafs die Entwärmung der menfchlichen Körper durch Strahlung eine mangelhafte ift: nach allen Seiten faft find die Körper von folchen mit gleicher Oberflächen-Temperatur umgeben, fo dafs das t_1 unferer Formel 11 dem t_2 derfelben nahezu oder vollftändig gleich ift. Der Werth W_s wird fonach fehr klein oder gleich Null.

Die von einer Perfon entwickelte Wärme, welche vielleicht durch Tanzen, Reden, Singen oder dergl. den oben genannten Durchfchnitt wefentlich überfchreitet, mufs defshalb nahezu ausfchliefslich durch Leitung an die Luft abgegeben werden. Unfere Damen ergreifen in diefem Falle den Fächer und verurfachen hierdurch gröfsere oder geringere Luftwirbel. Die Temperatur der Luft im Raume wird hierdurch keine andere; trotzdem ift die durch die Luftbewegung entftehende Kühlung eine deutlich fühlbare; fie entfteht, indem die die Haut unmittelbar berührende, von ihr erwärmte Luftfchicht theilweife oder ganz verdrängt, weggefpült wird und kältere Luftfchichten, folche, deren Temperatur die im Saale gemeffene ift, an ihre Stelle treten.

Bei Berechnung der Wärmemenge, welche durch Berührung einer feften Fläche mit der Luft übergeleitet wird, ift fonach nicht allein die Lage der Fläche, fondern der Bewegungszuftand der Luft überhaupt gebührend zu berückfichtigen.

Schon *Péclet* hat die durch Leitung übertragene Wärmemenge W_l durch die Gleichung

$$W_l = l\ [1 + 0{,}0075\ (t_1 - t)]\ [t_1 - t] \quad \ldots \ldots \quad 13.$$

ausgedrückt, in welcher l eine von der Art der Luftbewegung abhängige Erfahrungszahl, t_1 die Temperatur der Oberfläche, t diejenige Temperatur der Luft bedeutet, welche in mäfsiger Entfernung von der Oberfläche gemeffen wird.

Nach *Grashof*[68]) ift $l = 3$ bis 6 zu fetzen, und zwar im Mittel für eingefchloffene Luft $l = 4$, für freie ruhige Luft $l = 5$.

Bei befonders grofser Gefchwindigkeit der Luft fcheint l erheblich höher zu fein, fo dafs für Wind, welcher die Oberfläche der Häufer trifft, mindeftens $l = 6$ gefetzt werden mufs.

---

[68]) Grashof, F. Theoretifche Mafchinenlehre. Bd. 1. Leipzig 1875. S. 944.

Diefe kleine Steigerung der Werthziffer l (von $l = 5$ für freie ruhige Luft auf $l = 6$ für freie windige Luft) ift nur für die Berechnung des Wärmeverluftes der verhältnifsmäfsig dicken Gebäudewände genügend, indem hier das Mittel aus verfchiedenen Windgefchwindigkeiten, welche innerhalb eines gröfseren Zeitabfchnittes auftreten, zur Geltung kommt, der Einflufs ftärkerer Windes durch denjenigen der folgenden Ruhe gemildert wird.

Bei der Wärmeabgabe der Heizflächen, welche letztere meiftens ein nur geringes Wärmeauffpeicherungsvermögen befitzen, und denen gegenüber die Luftbewegung fich nicht zufällig ändert, würde ein viel gröfseres l in Frage kommen. *Skeel*[69]) fand bei 11,8 m fecundlicher Luftgefchwindigkeit die Wärmeüberführung von Dampf in Luft, welche bei geringer Luftgefchwindigkeit etwa 16 Wärmeeinheiten für 1 qm, 1 Stunde und 1 Grad Temperatur-Unterfchied beträgt, zu 50 und *Gebrüder Körting*[70]) die Wärmeüberführung von Waffer in Luft fchon bei 7 m fecundlicher Luftgefchwindigkeit zu 53.

Bei der Erwärmung des Waffers fpielt die Lebhaftigkeit der Spülung nicht weniger eine grofse Rolle. So fand *Hagemann*[71]) die Wärmeübertragung von Dampf in Waffer, für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperatur-Unterfchied:

bei 0,09 m Waffergefchwindigkeit zu $\backsim$ 900,
» 1,8 m » » $\backsim$ 3300.

Die hier folgende Berechnung des Wärmedurchganges foll daher, da man noch nicht im Stande ift, die angezogenen Umftände für die Wände der Heiz- (bezw. Kühl-) Körper genügend genau zu verfolgen, in erfter Linie nur für die Einfchliefsungsflächen geheizter (bezw. gekühlter) Räume gelten.

103. Gefammte Wärmemenge.

Die Summe beider Wärmemengen, alfo $W_s + W_l$, multiplicirt mit der in Frage kommenden Flächengröfse F (in Quadr.-Met.) ift die gefammte, von diefer abgegebene Wärme, welche mit W_1 bezeichnet werden mag, fo dafs entfteht:

$$W_1 = F(t_1 - t)\left[s\left\{1 + 0{,}0056\,(t_1 - t)\right\} + l\left\{1 + 0{,}0075\,(t_1 - t)\right\}\right] \quad . \quad . \quad 14.$$

Diefe Gleichung läfft fich auch wie folgt fchreiben:

$$W_1 = \psi\,F(t_1 - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 15.$$

Die Berechnung von ψ, d. h. desjenigen Ausdruckes, welcher in Gleichung 14 in die [ ]-Klammer eingefchloffen ift, bietet, aufser den fchon genannten Unficherheiten, in fo fern Schwierigkeiten, als die Gröfse $t_1 - t$ noch nicht bekannt, auch, wie fpäter erörtert werden wird, zur Zeit nur auf Grund des als bekannt vorauszufetzenden ψ gewonnen werden kann. Für die geringen Temperatur-Unterfchiede, welche bei den Einfchliefsungsflächen der Wohnräume vorkommen, ift indefs die genannte Schwierigkeit nicht erheblich, indem die mit $t_1 - t$ innerhalb der Klammer verbundenen Factoren fehr klein find, alfo $t_1 - t$ fchätzungsweife beftimmt werden kann.

Beifpielsweife berechnet fich ψ für die Flächen einer Fenfterfcheibe wie folgt. Es fei die Temperatur des Freien $= -20$ Grad, diejenige des Zimmerinneren $= +20$ Grad. Für $t_1 - t$ ift alsdann mit ziemlicher Sicherheit höchftens 20 Grad anzunehmen. Die Aufsenfläche liefert alsdann ein ψ_a, da $s = 2{,}9$ und $l = 6$ (wegen möglicher Weife während der Kälte auftretenden Windes), welches ausgedrückt wird durch:

$$\psi_a = 2{,}9\,(1 + 0{,}0056 \cdot 20) + 6\,(1 + 0{,}0075 \cdot 20) = 2{,}9\,(1 + 0{,}112) + 6\,(1 + 0{,}15) = \backsim 10{,}1.$$

Die Innenfläche dagegen, wegen $s = 5{,}3$ (Fenfterfchweifs = Waffer) und $l = 4$:

$$\psi_i = 5{,}3\,(1 + 0{,}112) + 4\,(1 + 0{,}15) = \backsim 10{,}5.$$

Man erfieht aus der gegebenen Rechnung, dafs für den vorliegenden Fall felbft ein erheblicher Irrthum in der Schätzung von $t_1 - t$ einen nennenswerthen Einflufs auf das Endergebnifs nicht gehabt haben würde. Dies ift offenbar bei dickeren, weniger gut leitenden Einfchliefsungsflächen in noch höherem Grade der Fall, weil bei diefen $t_1 - t$ an fich kleiner wird.

---

69) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 227, S. 209.
70) Siehe: Zeitfchr. d Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 431.
71) Siehe: *Nogle Varmetransmiffions verfög.* Kopenhagen 1883. S. 10.

c) Wärmeüberführung durch fefte Wände.

(Wärme-Transmiffion.)

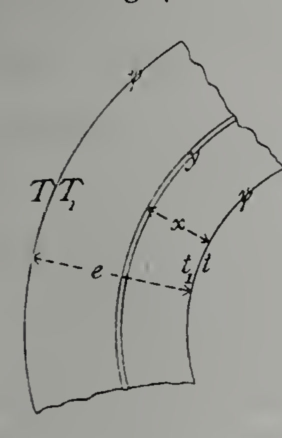
Die Ueberleitung der Wärme von einer Wandfläche zur gegenüber liegenden eines feften, gleichartigen Körpers fteht im geraden Verhältnifs zum Temperatur-Unterfchied und zur Flächengröfse, fo wie im umgekehrten Verhältnifs zur Entfernung beider Flächen.

104. Einfache Wände.

Fig. 48 ftelle den Querfchnitt einer irgend wie gekrümmten, aber überall gleich dicken, aus gleichartigem Stoff beftehenden Wand dar. Irgend eine um x von derjenigen Fläche, welche die Temperatur t_1 befitzt, entfernte Schicht, deren räumliche Ausdehnung mit f bezeichnet werden mag, habe die Temperatur y. Sie wird, wenn die Temperatur T gröfser als t ift, und λ diejenige Wärmemenge bezeichnet, welche ftündlich durch eine ebene Wand deffelben Stoffes, die 1 qm Flächengröfse und 1 m Dicke hat, bei 1 Grad Temperatur-Unterfchied geleitet wird (vergl. die unten ftehende Tabelle), in derfelben Zeit eine Wärmemenge W_2 überführen, welche durch die Gleichung auszudrücken ift:



Fig. 48.



$$W_2 = + \lambda f \frac{dy}{dx} \qquad 16.$$

Hieraus entfteht fofort

$$dy = \frac{W_2}{f \lambda} dx \qquad 17.$$

Für die Gröfse λ find die nachftehenden Werthe einzuführen.

Wärmemengen λ, welche durch eine 1 m dicke Schicht nachbenannter Stoffe während 1 Stunde für 1 qm Oberfläche geleitet werden, wenn der Temperatur-Unterfchied der Oberflächen 1 Grad beträgt:

Stoff		
Ruhende Luft	λ = 0,02	(Mittel der Angaben verfchiedener Beobachter).
» »	» = 0,04	(nach *Péclet*).
» »	» = 0,1	(nach *Redtenbacher*).
Wolle, Baumwolle, Flaum	» = 0,015	(nach *Forbes*).
» » »	» = 0,04	(nach *Péclet*).
Filz	» = 0,03	(nach *Forbes*).
Kiefernholz-Sägefpäne	» = 0,045	(desgl.).
Holzafche	» = 0,06	(nach *Péclet*).
Holzkohlenpulver	» = 0,08	(desgl.).
Kreidepulver	» = 0,09	(desgl.).
Feiner Quarzfand	» = 0,05	(nach *Forbes*).
» Sand	» = 0,27	(nach *Péclet*).
Zerftofsene, gebrannte Erde	» = 0,15	(desgl.).
» Coke	» = 0,16	(desgl.).
Gefchwefelter Gummi (vulkanifirter Kautfchuk)	» = 0,032	(nach *Forbes*).
Nadelholz, winkelrecht zur Fafer	» = 0,09	(nach *Péclet*).
» » » »	» = 0,03	(nach *Forbes*).
» in der Faferrichtung	» = 0,17	(nach *Péclet*).
» » » »	» = 0,11	(nach *Forbes*).
Eichenholz, winkelrecht zur Fafer	» = 0,21	(nach *Péclet*).
Gyps, angemacht und an der Luft getrocknet	» = 0,33 bis 0,52	(desgl.).
Gebrannter Thon	» = 0,5 bis 0,7	(desgl.).

Backfteinmauer	$\lambda = 0{,}7$
Glas	» = 0,75 bis 0,88 (nach *Péclet*).
»	» = 0,47 (nach *De la Rive*).
»	» = 0,18 (nach *Forbes*, *Beetz*).
Sandftein (Lias)	» = 1,3 (nach *Péclet*).
Feinkörniger Kalkftein . . .	» = 1,7 bis 2,1 (nach *Péclet*).
Marmor	» = 2,8 bis 3,5 (desgl.).
»	» = 0,4 bis 0,6 (nach *Forbes*).
Waffer	» = 0,5 bis 0,56 (nach *H. F. Weber*, *Winkelmann*, *Lundquift*).
Eis	» = 2,05 (nach *Neumann*).
»	» = 0,8 (nach *Forbes, De la Rive*).
Blei	» = 14 (nach *Péclet*).
»	» = 26 bis 30 (nach *Kirchhoff & Hanfen, Lorenz, H. F. Weber*).
Zinn	» = 22 (nach *Péclet*).
»	» = 51 bis 55 (nach *Kirchhoff & Hanfen, H. F. Weber, Lorenz*).
Eifen	» = 28 (nach *Péclet*).
»	» = 50 bis 72 (nach *Ångftröm, Lorenz, Forbes, H. F. Weber*).
Meffing	» = 72 bis 108 (nach *Lorenz*, *Neumann*).
Kupfer	» = 69 (nach *Péclet*).
»	» = 290 bis 396 (nach *H. F. Weber, Ångftröm, Neumann*).

Diefe Zufammenftellung gewährt, wegen der zum Theile fehr bedeutenden Abweichungen der Angaben, kein erfreuliches Bild. So weit es fich um die Beftimmung der Wärmeverlufte geheizter Räume (bezw. des Wärmezudranges bei gekühlten Räumen) handelt, wird man fich der gröfsten Werthe bedienen müffen, wenn nicht aus befonderen Umftänden mit Sicherheit gefchloffen werden kann, dafs kleinere Werthe zutreffender find.

105. Sphärifche Wände.

Die Wand fei diejenige einer Hohlkugel, deren Halbmeffer r, bezw. R bezeichnen; die Fläche f ift alsdann

$$f = 4\pi (r + x)^2 ,$$

fo dafs, durch Einfetzen diefes Werthes, die Gleichung 17 zu der anderen wird:

$$dy = \frac{W_2}{4\pi\lambda} \frac{dx}{(r + x)^2}$$

oder

$$y = -\frac{W_2}{4\pi\lambda} \frac{1}{r + x} + C \qquad 18.$$

Für $x = 0$ ift $y = t_1$; für $x = e$ ift $y = T_1$, fonach

$$T_1 - t_1 = \frac{W_2}{4\pi\lambda}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) \qquad 19.$$

Die durch die Wand geführte Wärmemenge ift offenbar gleich der Wärmemenge

$$W_1 = \psi \cdot 4 r^2 \pi (t_1 - t) , \qquad 20.$$

welche die innere Fläche mit der Luft auswechfelt, und eben fo gleich der Wärmemenge

$$W_3 = \Psi\, 4 R^2 \pi (T - T_1) \qquad 21.$$

Durch Einfetzen von W_1 ftatt W_2 in Gleichung 19 ändert fich diefe in

$$T_1 - t_1 = \frac{4 r^2 \pi \psi (t_1 - t)}{4\pi\lambda} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)$$

oder

$$t_1 = \frac{T_1 + t r^2 \psi \frac{1}{\lambda}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)}{1 + r^2 \psi \frac{1}{\lambda}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)} \qquad 22.$$

Diefen Werth von t_1 fetzt man in Gleichung 20 ein und vertaufcht gleichzeitig den Werth W_1 derfelben mit dem Werth für W_3 aus Gleichung 21, fo dafs

$$\psi \cdot 4 r^2 \pi \left[\frac{T_1 + t r^2 \psi \frac{1}{\lambda}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)}{1 + r^2 \psi \frac{1}{\lambda}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)} - t \right] = \Psi \cdot 4 R^2 \pi (T - T_1)$$

oder

$$T_1 = \frac{\psi r^2 t + \psi R^2 T + \psi r^2 \Psi R^2 \frac{1}{\lambda}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) T}{\psi r^2 + \Psi R^2 + \psi r^2 \Psi R^2 \frac{1}{\lambda}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)} \quad \ldots \ldots \quad 23.$$

Der fo gewonnene Werth von T_1 noch in Gleichung 21 eingefetzt, ergiebt.

$$W_3 = W_k = 4 \pi \frac{T - t}{\frac{1}{R^2 \Psi} + \frac{1}{r^2 \psi} + \frac{1}{\lambda}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)}, \quad \ldots \ldots \quad 24.$$

in welcher Gleichung ausfchliefslich bekannte Gröfsen fich befinden.

Eine fphärifche Wand, welche einen beftimmten Theil der Hohlkugelwand bildet, überträgt einen entfprechenden Theil von W_k.

106. Ebene Wände.

Die Wärmemenge W_e, welche eine ebene Wand überträgt, gewinnt man leichter, wie folgt.

Hier ift in jeder zu einer der Aufsenflächen gleich laufenden Schicht $f = F$, fo dafs Gleichung 16 durch Integration die Form

$$W_2 = F \lambda \frac{T_1 - t_1}{e} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 25.$$

erhält. Zunächft fetzt man $W_2 = W_3$ oder

$$F \lambda \frac{T_1 - t_1}{e} = \Psi F (T - T_1),$$

fonach

$$T_1 = \frac{\Psi T + \frac{\lambda}{e} t}{\Psi + \frac{\lambda}{e}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 26$$

Der fo gefundene Werth wird in die Gleichung

$$W_3 = \Psi F (T - T_1)$$

eingefügt und gleichzeitig $W_3 = W_1$ gefetzt, wobei W_1 den Werth hat:

$$W_1 = \psi F (t_1 - t).$$

Man erhält hierdurch

$$t_1 = \frac{\Psi T \frac{\lambda}{e} + \psi t \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi t}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 27.$$

Schaltet man diefen Ausdruck für t_1 in die Gleichung für W_1 und bedenkt, dafs $W_1 = W_e =$ der Wärmemenge ift, welche durch die ebene Wand geführt wird, fo erhält man

$$W_e = F \frac{T - t}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 28.$$

107. Trommelförm. Wände.

Für die Wärmemenge, welche durch eine trommelförmige Wand mit den Halbmeffern r und R und der Länge l hindurchgeht, erhält man auf ähnlichem Wege

$$W_c = 2 \pi l \frac{T - t}{\frac{1}{\Psi R} + \frac{1}{\psi r} + \frac{1}{\lambda} \log. \text{nat.} \frac{r}{R}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 29.$$

Oben wurde vorausgefetzt, dafs die Temperaturen T, bezw. T_1 höhere feien, als die Temperaturen t, bezw. t_1. Dies gefchah, um die Richtung der Wärmebewegung bequemer feft zu halten. Aus der Entwickelung und der Form der Endgleichungen geht nun zweifellos hervor, dafs es gleichgiltig ift, ob man T, bezw. T_1 oder t, bezw. t_1 als wärmer annimmt; es müffen nur die zugehörigen anderen Werthe in richtiger Weife eingefetzt werden, alfo z. B. das R als zu T, das ψ als zu t gehörig behandelt werden. Uebrigens führt die Erwägung, dafs die Erhöhung der Temperatur als pofitive, die Verminderung derfelben als negative Temperaturänderung aufzufaffen ift, zu demfelben Ergebnifs.

Die Formeln 24, 28 u. 29 gewähren die Möglichkeit, in Verbindung mit denjenigen Gleichungen, welche zu ihrer Entwickelung führten, die unbekannten Temperaturen T_1 und t_1 zu berechnen. Für die kugelförmige Wand ift die betreffende Formel unter 23, für die ebene Wand durch die Formel 27 fogar bereits gegeben.

Die letztere mag beifpielsweife für die Berechnung der Oberflächen-Temperaturen einer Backfteinwand benutzt werden, welche von aufsen durch ($T =$) $-$ 20 Grad kalter Luft lebhaft befpült wird, während die Innenfeite mit Tapete bekleidet ift und ein auf ($t =$) + 20 Grad geheiztes Zimmer begrenzt; die Dicke der Wand fei $0{,}5$ m.

Alsdann ift Ψ für die Aufsenfläche, wegen $s = 3{,}6$, $T - T_1$ (fchätzungsweife) $= 10$, $l = 6$,

$$\Psi = 3{,}6\ (1 + 0{,}056) + 6\ (1 + 0{,}075) = 10{,}25,$$

und ψ für die Innenfläche, wegen $s = 3{,}8$ und $l = 4$,

$$\psi = 8{,}3\,;$$

folglich nach Gleichung 27

$$t_1 = \frac{\Psi T \frac{\lambda}{e} + \psi t \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi t}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} = \backsim 14{,}8 \text{ Grad},$$

und eben fo

$$T_1 = \frac{\Psi T \frac{\lambda}{e} + \psi t \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi T}{\Psi \frac{\lambda}{e} + \psi \frac{\lambda}{e} + \Psi \psi} = -15{,}8 \text{ Grad}.$$

Zur Prüfung der Rechnungsergebniffe berechnen wir nach Formel 28 die Wärmemenge, welche ftündlich durch 1 qm diefer Wand von + 20 Grad warmer in $-$ 20 Grad kalter Luft übergeführt wird. Diefelbe ift

$$W_e = 1 \frac{20 - (-20)}{\frac{1}{10{,}25} + \frac{1}{8{,}3} + \frac{0{,}5}{0{,}7}} = \backsim 42{,}9 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Bei einem Temperatur-Unterfchied von $14{,}8 + 15{,}8 = 30{,}6$ Grad der beiden Oberflächen der Wand mufs der Wärmedurchgang, da die Wand $0{,}5$ m dick ift,

$$30{,}6 \frac{0{,}7}{0{,}5} = \backsim 42{,}8 \text{ Wärmeeinheiten}$$

betragen. Beide Ergebniffe ftimmen genügend genau mit einander überein.

Durch Einfetzen der fo gewonnenen Werthe für $T - T_1 = 15{,}8 - (-20) = 4{,}2$ Grad, bezw. $t_1 - t = 20 - 14{,}8 = 5{,}2$ Grad ftatt der nach Schätzung eingeführten 10 Grad würden die Werthe T_1 und t_1 faft völlig genau werden.

108. Mehrfache Wände.

Zur Berechnung der Wärmeüberführung mehrfacher Wände ift folgender Weg einzufchlagen.

Fig. 49 fei der Durchfchnitt einer dreifachen Wand, deren e_1, e_2 und e_3 dicke Theile aus verfchiedenen Stoffen beftehen. Die Ueberleitungs-Werthziffern feien ψ_0,

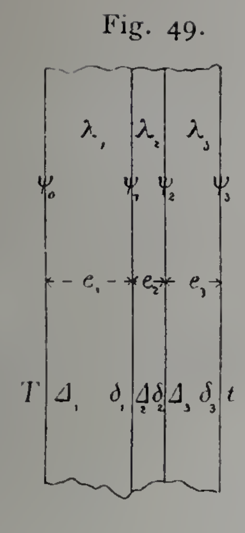


Fig. 49.

ψ_1, φ_2, ψ_3, die Werthziffern der inneren Leitung λ_1, λ_2, λ_3, die Temperaturen der Oberflächen der Wandtheile Δ, bezw. δ mit dem entſprechenden Zeigern, endlich die Temperaturen der die Wand von auſsen beſpülenden Luft T, bezw. t. Alsdann iſt die durch die Wand übertragene Wärme:

$$W = F\lambda_1 \frac{\Delta_1 - \delta_1}{e_1} = F\lambda_2 \frac{\Delta_2 - \delta_2}{e_2} = F\lambda_3 \frac{\Delta_3 - \delta_3}{e_3} =$$

$$= F\psi_0 (T - \Delta_1) = F\psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) = F\psi_2 (\delta_2 - \Delta_3) = F\psi_3 (\delta_3 - t) \quad 30.$$

Aus dieſen Gleichungen erhält man, indem man allmählig die drei Werthe der oberen Reihe mit denjenigen der zweiten Reihe, welche mit ψ_0, ψ_1 und ψ_3 behaftet ſind, vergleicht,

$$\left.\begin{aligned} \delta_1 &= \Delta_1 - \frac{\psi_0 (T - \Delta_1) e_1}{\lambda_1} \\ \delta_2 &= \Delta_2 - \frac{\psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) e_2}{\lambda_2} \\ \delta_3 &= \Delta_3 - \frac{\psi_2 (\delta_2 - \Delta_3) e_3}{\lambda_3} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 31.$$

Ferner, wenn man den erſten Ausdruck der zweiten Reihe mit allen übrigen derſelben Reihe vergleicht,

$$\left.\begin{aligned} \delta_1 &= \Delta_2 + \frac{\psi_0}{\psi_1} (T - \Delta_1) \\ \delta_2 &= \Delta_3 + \frac{\psi_0}{\psi_2} (T - \Delta_1) \\ \delta_3 &= t \;\; + \frac{\psi_0}{\psi_3} (T - \Delta_1) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 32.$$

Berückſichtigt man nun, daſs nach Gleichung 30: $\psi_0 (T - \Delta_1) = \psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) = \psi_2 (\delta_2 - \Delta_3)$ iſt und ſetzt die Werthe δ_1, δ_2 und δ_3 aus den Gleichungen 31 u. 32 gleich, ſo entſteht durch Addition

$$\left.\begin{aligned} \Delta_2 + \frac{\psi_0}{\psi_1} (T - \Delta_1) &= \Delta_1 - \frac{\psi_0 (T - \Delta_1) e_1}{\lambda_1} \\ \Delta_3 + \frac{\psi_0}{\psi_2} (T - \Delta_1) &= \Delta_2 - \frac{\psi_0 (T - \Delta_1) e_2}{\lambda_2} \\ t + \frac{\psi_0}{\psi_3} (T - \Delta_1) &= \Delta_3 - \frac{\psi_0 (T - \Delta_1) e_3}{\lambda_3} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad 33.$$

$$t + \psi_0 (T - \Delta_1) \left(\frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3}\right) = \Delta_1 - \psi_0 (T - \Delta_1) \left(\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}\right).$$

Der bequemeren Rechnung halber ſei vorübergehend

$$\frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} = \mathfrak{A} \quad \text{und} \quad \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} = \mathfrak{B}.$$

Durch Einſetzen dieſer vorläufigen Werthe und geeignete Umformung erhält man aus der vorigen Summe

$$\Delta_1 = \frac{t + T\psi_0 \mathfrak{A} + T\psi_0 \mathfrak{B}}{1 + \psi_0 \mathfrak{A} + \psi_0 \mathfrak{B}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 34.$$

Der ſo gewonnene Ausdruck von Δ_1 wird in den Theil der Gleichung 30 eingeſetzt, welcher lautet:

$$W = F\psi_0 (T - \Delta_1),$$

wodurch dann ohne Schwierigkeiten erhalten wird:

$$W = F \frac{T - t}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \quad . \quad . \quad . \quad 35.$$

Es ift leicht zu überfehen, in welcher Weife man den Ausdruck erweitern kann, fo fern die Wand aus mehr als drei Schichten befteht.

Hiermit find die erforderlichen Unterlagen für die Berechnung der Wärmemengen, die während des Beharrungszuftandes durch Wände übergeführt werden, gegeben.

109. Wärme-übertragungs-Werthziffer.

Der Factor, welcher mit der Flächengröfse und dem Temperatur-Unterfchied multiplicirt diefe Wärmemenge liefert, hat eine recht unbequeme Form, wefshalb man den Werth deffelben für die gebräuchlichen Fälle ein für alle Male auszurechnen pflegt.

Man fchreibt alsdann die Formeln 28 u. 35:

$$W = F\,(T - t)\,k\,, \quad . \quad . \quad . \quad 36.$$

fo dafs k bedeutet:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}}, \text{ bezw. } k = \frac{1}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \quad . \quad . \quad 37.$$

Es ift diefes Verfahren um fo mehr zuläffig, als in dem Ausdruck für ψ (Gleichung 14, S. 100) die mit $(t_1 - t)$ behafteten Theile von s und l nur eine unbedeutende Rolle fpielen, fo fern diefe Temperatur-Unterfchiede geringe find.

Für eine Reihe einfacher lothrechter gemauerter Wände find die zugehörigen, nach der hier angegebenen Rechnung gefundenen Werthe von k in der Spalte *F.* der unter e (S. 123) zufammengeftellten Tabelle aufgeführt. Behuf des Vergleiches habe ich die von *Redtenbacher* angegebenen Zahlen dafelbft unter *R.* und die für Staatsbauten in Preufsen [72]) vorgefchriebenen unter *Pr.* angeführt.

Zu der Tabelle ift noch anzuführen, dafs die gebräuchlichen Mauerftärken, vermehrt um die Dicke des Putzes einer Seite, zu Grunde gelegt find und angenommen wurde, dafs Aufsenwände in Frage kommen. Scheidewände im Inneren der Häufer führen geringere Wärmemengen über, da beiderfeitig ein kleineres l im Ausdruck für ψ (vergl. S. 100) vorliegt.

110. Fenfter und Deckenlichter.

Lothrechte, in der Aufsenwand liegende Fenfter haben (vergl. S. 100) ein $\psi_a = 10{,}1$ und ein $\psi_i = 10{,}5$. Wird eine Wandftärke der Fenfterfcheiben von $0{,}003$ m angenommen, fo entfteht nach Formel 37

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10{,}1} + \frac{1}{10{,}5} + \frac{0{,}003}{0{,}8}} = \frac{8484}{840 + 808 + 32}, \text{ oder } k = 5.$$

Aus diefem Zahlenbeifpiel geht zur Genüge hervor, dafs das Glied $\frac{e}{\lambda}$, welches fich auf die Wärmeleitung im Glafe bezieht, genügend gegen die anderen Glieder verfchwindet, um es vernachläffigen zu können. Die Dicke der Fenfterfcheiben ift hiernach für die Wärmeüberführung gleichgiltig.

Redtenbacher fetzt diefes $k = 3{,}66$. So fern kräftige, breite, hölzerne Fenfterrahmen angewendet und diefe mit als Fenfterfläche behandelt werden, dürfte die Zahl $3{,}66$ genügen; in anderen Fällen ift fie ungenügend. Für einfache Fenfter in Scheidewänden, welche weder von verdichtetem Waffer bedeckt fein, noch von heftiger Windftrömung befpült werden können, werden beide $\psi = 7{,}4$, und damit gewinnt man

$$k = 3{,}7.$$

Wagrechte Fenfter (Deckenlichter), welche von unten durch wärmere, von oben durch kältere Luft berührt werden, haben grofse Werthe von ψ, weil (vergl. S. 99) die unten abgekühlte Luft rafch wärmerer,

---

[72]) Durch Erlafs des Minifters für öffentliche Arbeiten vom 7. Mai 1884. Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 257.)

die oben erwärmte Luft rafch kälterer Luft Platz macht. Es dürfte defshalb das l der Formel 13, bezw. 14 zu 6 angenommen werden müffen, fo dafs, da Schweifsbildung felten eintritt, $\Psi = \psi = 10{,}7$ und $k = 5{,}4$ wird.

111. Holzwände u. Thüren.

Für hölzerne lothrechte Wände, Thüren u. dergl., welche mit Oelfarbe angeftrichen find und einfeitig von heftigem Winde befpült werden, erhält man

$$\Psi = 10{,}25 \quad \text{und} \quad \psi = 8{,}1 ,$$

fomit folgende Werthe von k:

e (in Met.)	k (für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperatur-Unterfchied.)	
	Eichenholz.	Tannenholz.
0,02	2,92	2,24
0,04	2,2	1,5

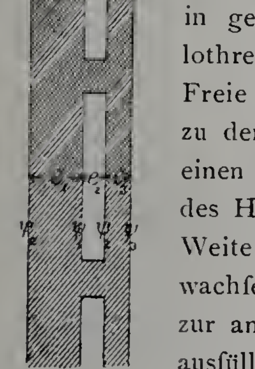
Hierbei ift in Bezug auf Thüren zu bemerken, dafs e die durchfchnittliche Dicke derfelben ift; diefe ift gemeiniglich kleiner, als das Mafs, mit dem man die betreffende Thür bezeichnet.

Thüren der Scheidewände überführen felbftverftändlich weniger Wärme, weil beide $\psi = 8{,}1$ zu nehmen find.

112. Hohle Wände.

Andere loth- und wagrechte Conftructionen, welche die Räume nach der Seite, nach oben und unten begrenzen, find meiftens aus mehreren Schichten zufammengefetzt. Von zufammengefetzten Wänden, Decken u. f. w. find namentlich diejenigen bemerkenswerth, welche eine oder mehrere Luftfchichten enthalten.

Fig. 50.



Die Luftfchichten lothrechter Wände erfchweren den Wärmedurchgang weniger, als in gewiffen, noch zu erörternden Fällen die wagrechten Luftfchichten. Fig. 50 ftelle den lothrechten Schnitt einer hohlen Wand dar. Es fei die linke Seite derfelben gegen das Freie gerichtet, fo dafs $\psi_0 = 10{,}25$ (vergl. S. 104) gefetzt werden kann; ψ_1 und ψ_2 gehören zu den Oberflächen, welche die Luftfchicht berühren. Die letztere erwärmt fich an der einen Seite und wird an der anderen Seite abgekühlt, fo dafs eine Strömung innerhalb des Hohlraumes eintritt. Diefe hängt, ihrer Entfchiedenheit nach, von der Höhe und Weite des Hohlraumes ab; fie wird im Befonderen mit der Höhe des Hohlraumes wachfen. Vermöge diefer Strömung findet die Ueberleitung der Wärme von einer Fläche zur anderen weit rafcher ftatt, als der Fall fein würde, wenn die Luft den Hohlraum ruhend ausfüllte. Da nun der denkbar gröfste Wärmedurchgang für den vorliegenden Zweck berechnet werden mufs, fo ift zu empfehlen, den Widerftand der Luftfchicht gegen den Wärmedurchlafs ganz zu vernachläffigen, aber für l im Ausdruck für ψ den kleinften Werth anzunehmen, fo dafs $\psi_1 = \psi_2 = 6{,}6$ wird. Für die an das Zimmer grenzende Fläche war ψ_3 früher (S. 104) zu 8,3 berechnet. Die Mauer fei aus Backfteinen hergeftellt, fo dafs $\lambda = 0{,}7$ ift, und es fei $e_1 = e_3 = 0{,}25$ m. Hiernach berechnet fich

$$k = 0{,}82 .$$

Ift nun noch $e_2 = {}^1/_2$ Stein, fo ift die Gefammtdicke der Mauer $\backsim 0{,}64$ m; für eine volle Mauer diefer Dicke ift nach der Tabelle auf S. 123: $k = 0{,}86$ gefunden. Die Anbringung eines folchen Hohlraumes erfchwert fomit den Durchgang der Wärme, wenn auch nicht in hohem Mafse.

Doppelte lothrechte Fenfter bringen ein günftigeres Ergebnifs hervor, obgleich auch bei ihnen der Widerftand, welchen die Luftfchicht dem Wärmedurchgang entgegenfetzt, zweckmäfsig vernachläffigt wird. Es ift dies die Folge der geringeren Temperatur-Unterfchiede zwifchen Glasfläche und Luft, die das Verdichten von Wafferdampf an der Oberfläche derfelben in der Regel ausfchliefsen. Man erhält für diefelben

$$\psi_0 = 10{,}1 , \quad \psi_1 = \psi_2 = 6{,}3 , \quad \psi_3 = 7{,}4 ; \quad \text{fonach} \quad k = 1{,}77 ,$$

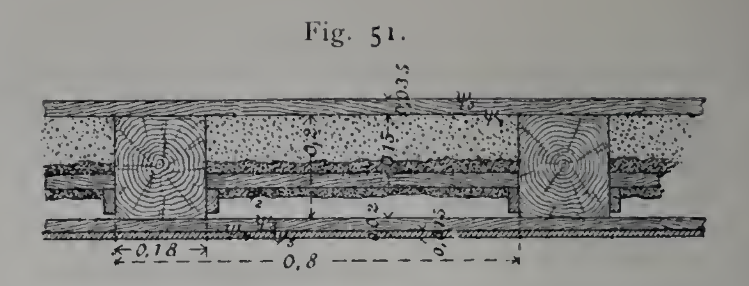
ftatt $k = 5$ für einfache Fenfter.

113. Decken.

Wagrechte hohle Einfchliefsungs-Conftructionen, wie hohle Decken u. f. w., find wieder in folche zu unterfcheiden, welche an ihrer oberen Fläche von kälterer, an ihrer unteren Fläche von wärmerer Luft berührt werden, und in folche, bei denen das Umgekehrte ftattfindet.

Der Deckendurchfchnitt Fig. 51 gehöre zunächft der erfteren Art an. Die Luft, welche fich am Fufsboden erwärmt, fteigt empor, kälterer Luft Platz machend, fo dafs $\psi_0 = 10$ genommen werden mufs. Der Wärmeübergang vom Sand in den Bretterfufsboden kann nur durch Leitung ftattfinden; die Leitung wird aber wegen der innigen Berührung fehr entfchieden wirken, fo dafs für ψ_1 die Zahl 10 als zutreffend

Fig. 51.



zu bezeichnen fein dürfte. So fern geringe Spielräume vorhanden find, wird Leitung und Strahlung gemeinfchaftlich auftreten, wobei ebenfalls $\psi_1 = 10$ entfteht. ψ_2 wird, weil die fich an der Wellerung abkühlende Luft rafch niederfinkt und wärmerer Platz macht, ebenfalls grofs ausfallen, wahrfcheinlich $= 10$ fein. ψ_3, ψ_4 und ψ_5 verhalten fich eben fo, wie ψ_0, ψ_1 und ψ_2, fo dafs, da $\lambda_1 = \lambda_4 = 0{,}1$ (Tannenholz), $\lambda_2 = 0{,}27$ (Sand), λ_3, d. i. die Leitung der Luftfchicht, wegen der Strömung derfelben fehr grofs, alfo der Widerftand derfelben gegen die Ueberleitung von Wärme fehr gering ift, vernachläffigt werden kann, endlich $\lambda_5 = 0{,}5$ (Gypsputz) ift, entfteht

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10}\,6 + \frac{0{,}035}{0{,}1} + \frac{0{,}15}{0{,}27} + \frac{0{,}02}{0{,}1} + \frac{0{,}015}{0{,}5}} = \sim 0{,}58 .$$

Da, wo Balken fich befinden, ift k einfacher

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10}\,5 + \frac{0{,}035}{0{,}1} + \frac{0{,}2}{0{,}1} + \frac{0{,}02}{0{,}1} + \frac{0{,}015}{0{,}5}} = \sim 0{,}32 ;$$

folglich die durchfchnittliche Wärmeüberführungszahl für eine derartige Decke

$$k_0 = \frac{0{,}58\ (0{,}8 - 0{,}18) + 0{,}32\ 0{,}18}{0{,}8} = 0{,}5 .$$

Ift dagegen unter der in Fig. 51 abgebildeten Decke die kältere, über derfelben die wärmere Luft, dient die Decke z. B. zum Abfchlufs des Kellers gegen das beheizte Erdgefchofs, fo erhält man zunächft für den gewellerten Theil derfelben aus nicht mehr zu erörternden Gründen $\psi_0 = \psi_2 = \psi_3 = \psi_5 = 7$, $\psi_1 = \psi_4 = 10$; aufserdem ift die Luftfchicht eine ruhende, fo dafs entfteht:

$$k = \frac{1}{3\,\frac{1}{7} + 2\,\frac{1}{10} + \frac{0{,}035 + 0{,}02}{0{,}1} + \frac{0{,}15}{0{,}27} + \frac{0{,}015}{0{,}5} + \frac{0{,}05}{0{,}04}} = 0{,}3 .$$

k ift alfo in diefem Falle faft nur halb fo grofs, als für diefelbe Stelle der Decke vorhin gefunden wurde. Es erhellt hieraus, dafs Luftfchichten in wagrechten Bautheilen, welche oben von wärmerer, unten von kälterer Luft befpült werden, von grofsem Werth find, während fie im umgekehrten Falle als nahezu werthlos bezeichnet werden müffen.

Diejenigen Stellen, an denen fich Balken befinden, haben, da das ψ für die Fufsbodenoberfläche und dasjenige der Deckenunterfläche $= 7$ gefetzt werden mufs, ein $k = 0{,}35$. Das durchfchnittliche k ift fonach

$$k = \frac{0{,}3\ 0{,}62 + 0{,}35\ 0{,}18}{0{,}8} = 0{,}31 .$$

Die Kellerdecke (Fig. 52), welche von unten mit kälterer, von oben mit wärmerer Luft in Berührung fteht und welche aus Backfteingewölbe, Sandfchüttung und tannenem Fufsboden befteht, überführt für jeden Grad Temperatur-Unterfchied, jedes Quadratmeter Fläche und jede Stunde

$k = 0{,}71$ Wärmeeinheiten.

Fig. 52.

Nach den gegebenen Beifpielen dürften die Wärmemengen, welche anders geartete Einfchliefsungsflächen überführen, leicht zu berechnen fein, fo lange diefelben beiderfeitig von Luft berührt werden.

114. Dampf u. Waffer.

Für Dampf und Waffer find erheblich gröfsere Werthe für ψ in Anfatz zu bringen, als für Luft. Waffer nimmt, vermöge feiner hohen Einheitswärme, bei geringer Temperaturerhöhung fchon verhältnifsmäfsig grofse Wärmemengen auf, fo dafs der wahre Temperatur-Unterfchied an der Berührungsfläche nur wenig von dem beobachteten abweicht. In Folge der Wärmeabgabe des Dampfes wird diefer zu Waffer verdichtet; vermag diefes rafch abzufliefsen, fo bleibt der wahre Temperatur-Unterfchied dem beobachteten faft genau gleich.

Der Luftgehalt des Waſſerdampfes ſtört die Wärmeabgabe deſſelben, indem die Lufttheilchen ſich ſelbſtverſtändlich wie immer verhalten. Ein Gemiſch von gleichen Raumtheilen Waſſerdampf und Luft wird ſich daher etwa zur Hälfte ſo verhalten, wie Luft, und zur anderen Hälfte, wie Dampf.

Genaue Zahlen ſind jedoch für die einzelnen Werthe von ψ nicht bekannt; da Waſſer ſowohl, als Dampf faſt ausſchlieſslich mit Metallen in Berührung treten, und Angeſichts der hohen Leitungsfähigkeit dieſer die meiſtens geringe Wandſtärke derſelben unberückſichtigt bleiben kann, ſo ſind unter 5 (S. 124) lediglich die durch Verſuche unmittelbar gefundenen Werthziffern k angegeben.

115. Veränderliche Temperatur.

Die Formel 36 und ihre Vorgängerinnen ſetzen unveränderliche Temperaturen T und t voraus. Mit ſolchen läſſt ſich nicht immer rechnen, weil z. B. die eine Wandfläche berührende Luft an verſchiedenen Stellen verſchiedene Temperaturen hat. Behuf Gewinnung eines Anhaltes für die Berechnung mögen die drei — in

Fig. 53.

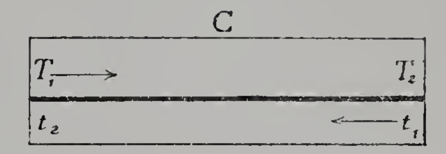


Fig. 53 unter *A*, *B*, *C* angeführten — möglichen Fälle näher betrachtet werden, daſs nämlich:

A. die eine Flüſſigkeit nur Nebenſtrömungen unterworfen iſt, ſo daſs ſie an der berührten Wand überall gleiche Temperatur beſitzt, während die andere Flüſſigkeit längs der feſten Wand ſich fortbewegt (Einſtrom);

B. beide Flüſſigkeiten ſich an der feſten Wand entlang in gleicher Richtung bewegen (Gleichſtrom oder Parallelſtrom);

C. beide Flüſſigkeiten längs der feſten Wand flieſsen, jedoch in entgegengeſetzter Richtung (Gegenſtrom).

Es bezeichnen T_1, bezw. t_1 die anfänglichen, T_2, bezw. t_2 die Endtemperaturen der Flüſſigkeiten; C, bezw. c die Wärmemengen, welche 1 kg der betreffenden Flüſſigkeit um 1 Grad zu erwärmen vermögen; Q, bezw. q die Gewichte der ſtündlich längs der Wände ſtrömenden Flüſſigkeit; W, F und k haben die bisherige Bedeutung. Zwei unendlich kurze Theile der beiden Ströme (Fig. 53 *B*) haben die unbekannten Temperaturen U und u und ſind durch eine Flächengröſse dF von einander geſchieden.

Es iſt alsdann die durch die Fläche dF übertragene Wärmemenge

$$dW = k \,.\, dF\,(U - u) \quad \ldots \quad 38.$$

In Folge dieſer Wärmeüberführung verliert der U Grad warme Stromtheil dieſe Wärmemenge, während der gegenüber liegende Stromtheil ſie aufnimmt, ſo daſs

$$dW = -\,Q\,C \,.\, dU = q\,c \,.\, du \quad \ldots \quad 39.$$

wird, oder durch Integration

$$-\,Q\,C\,U = q\,c\,u + Const. \quad \ldots \quad 40.$$

Für $U = T_1$ iſt $u = t_1$, ſonach

$$-\,Q\,C\,T_1 = q\,c\,t_1 + Const. \quad \ldots \quad 41.$$

oder durch Abziehen der Gleichung 41 von 40

$$Q\,C\,(T_1 - U) = q\,c\,(u - t_1),$$

woraus ohne Weiteres abzuleiten ist

$$u = \frac{Q\,C}{q\,c}(T_1 - U) + t_1 \quad \dots \quad 42.$$

Aus der Gleichsetzung der Werthe von $d\,W$ in 38 u. 39 folgt

$$k\,(U - u)\,d\,F = -\,Q\,C\,.\,d\,U \quad \dots \quad 43.$$

Führt man in die letzte Gleichung den Ausdruck für u aus Gleichung 42 ein, so erhält man, nach einigen Umformungen,

$$d\,F = -\,\frac{Q\,C}{k}\,\frac{d\,U}{\left(1 + \frac{Q\,C}{q\,c}\right)U - \frac{Q\,C}{q\,c}\,T_1 - t_1}; \quad \dots \quad 44.$$

also

$$F = -\,\frac{Q\,C}{k}\,\frac{1}{1 + \frac{Q\,C}{q\,c}}\ \text{log. nat.}\left[\left(1 + \frac{Q\,C}{q\,c}\right)U - \frac{Q\,C}{q\,c}\,T_1 - t_1\right] + Const. \quad 45.$$

Für $U = T_1$ ist $F = 0$; für $U = T_2$ ist $F = F_B$; sonach

$$0 = -\,\frac{1}{k}\,\frac{Q\,C}{1 + \frac{Q\,C}{q\,c}}\ \text{log. nat.}\ (T_1 - t_1) + Const.$$

und

$$F_B = -\,\frac{1}{k}\,\frac{Q\,C}{1 + \frac{Q\,C}{q\,c}}\ \text{log. nat.}\left[T_2 - \frac{Q\,C}{q\,c}(T_1 - T_2) - t_1\right] + Const.$$

oder nach Abziehen der Gleichungen von einander

$$F_B = \frac{1}{k}\,\frac{Q\,C}{1 + \frac{Q\,C}{q\,c}}\ \text{log. nat.}\ \frac{T_1 - t_1}{T_2 - \frac{Q\,C}{q\,c}(T_1 - T_2) - t_1} \quad \dots \quad 46.$$

Es ist aber, wie aus 39 abgeleitet werden kann, übrigens ohne Weiteres zu übersehen ist,

$$W = Q\,C\,(T_1 - T_2) = q\,c\,(t_2 - t_1) \quad \dots \quad 47.$$

also

$$\frac{Q\,C}{q\,c} = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2},$$

welche Werthe in 46 eingeführt den Ausdruck für den Gleichstrom liefern:

$$F_B = \frac{W}{k}\,\frac{\text{log. nat.}\ \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}}{[T_1 - T_2 + (t_2 - t_1)]} \quad \dots \quad 48.$$

Da in dem Falle A die Temperatur der mit den kleinen Buchstaben bezeichneten Flüssigkeit unverändert bleibt, so ist die Gleichung für diesen Fall sofort zu schreiben:

$$F_A = \frac{W}{k}\,\frac{\text{log. nat.}\ \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2} \quad \dots \quad 49.$$

Der dritte Fall, derjenige des sog. Gegenstromes, wird genau so behandelt, wie der zweite, unter Berücksichtigung der anderen Richtung. Man gelangt indessen zu demselben Ergebnisse, wenn man bedenkt, dass beim Gegenstrom T_1 dem t_2 und T_2 dem t_1 gegenüber steht. Es ist die betreffende Gleichung:

$$F_C = \frac{W}{k}\,\frac{\text{log. nat.}\ \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)} \quad \dots \quad 50.$$

Die Gleichung für den Werth des log. nat. iſt nun

$$\log.\ \text{nat.}\ x = 2\left[\frac{x-1}{x+1} + \frac{1}{3}\left(\frac{x-1}{x+1}\right)^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{x-1}{x+1}\right)^5 + \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \right]$$

Verwendet man von dieſer Reihe zur Umwandelung der Gleichungen 48, 49 u. 50 nur das erſte Glied, was für kleine Werthe von x zuläſſig iſt, ſo erhält man

$$F_A = F_B = F_C = \frac{W}{k}\,\frac{1}{\dfrac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}} = F, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 51.$$

oder

$$W = F\left(\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2}\right)k; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 52.$$

d. h. die Wärmeüberführung ſteht im geraden Verhältniſs zum Unterſchiede der mittleren Temperaturen.

Das zweite Glied der logarithmiſchen Reihe läſſt jedoch Abweichungen erkennen; es beträgt

$$\text{für } A\text{:}\quad \frac{2}{3}\cdot\frac{W}{k}\,\frac{[T_1 - T_2 + (t_1 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_1 + t_1)]^3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 53.$$

$$\text{für } B\text{:}\quad \frac{2}{3}\cdot\frac{W}{k}\,\frac{[T_1 - T_2 + (t_2 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_2 + t_1)]^3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 54.$$

$$\text{für } C\text{:}\quad \frac{2}{3}\cdot\frac{W}{k}\,\frac{[T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_2 - t_1)]^3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 55.$$

Die Ausdrücke vor den groſsen Klammern ſind ſonach unter einander gleich; von den eingeklammerten Zählern iſt der für C: Gegenſtrom, am kleinſten, weil $t_2 - t_1$ abgezogen, derjenige für B: Gleichſtrom, am gröſsten, weil $t_2 - t_1$ hinzugefügt wird; derjenige für A: Einſtrom, ſteht in der Mitte, weil $t_1 - t_1 = 0$ iſt. Hinſichtlich der eingeklammerten Nenner liegt die umgekehrte Reihenfolge vor, indem unter ſonſt gleichen Verhältniſſen $t_2 - t_1 < t_2 + t_1$ und auch $t_2 - t_1 < t_1 + t_1$, alſo der Nenner für C gröſser als derjenige für B und A ſein muſs. Sonach iſt für daſſelbe W für C das kleinſte, für A das mittlere, für B das gröſste T erforderlich, oder, mit anderen Worten: der Gegenſtrom iſt für die Wärmeüberführung am günſtigſten, der Gleichſtrom am ungünſtigſten, während der Wirkſamkeitsgrad des Einſtroms zwiſchen jenen liegt.

Die Ausdrücke 53, 54 u. 55 gewähren auch einen ſicheren Ueberblick über die Zuläſſigkeit der Anwendung der Formeln 51 u. 52. Benutzt man dieſe, ſo vernachläſſigt man das zweite Glied und alle folgenden Glieder.

116.
Unebene Wände.

Wenn bei Berechnung der Beiſpiele ausſchlieſslich ſchlichte Wände mit gleich laufenden Oberflächen angenommen wurden, ſo iſt noch zu erörtern, wie bei nicht ebenen Wänden und Decken, ſo wie wechſelnden Wandſtärken zu verfahren iſt.

Je reicher die Gliederung einer Wand, bezw. einer Decke iſt, um ſo gröſser wird die wärmeüberführende Fläche. Da die Berechnung des Einfluſſes der einzelnen Gliederungstheile unmöglich, mindeſtens aber zu umſtändlich ſein würde, ſo vernachläſſigt man die auſserhalb der eigentlichen Wand-, bezw. Deckenfläche liegenden Flächen ſowohl, als auch den Leitungswiderſtand der zugehörigen Dicken. Bei beſonders reicher Gliederung dürfte auſserdem ein ſchätzungsweiſe feſt zu ſtellender Zuſchlag zu dem berechneten k erforderlich werden.

Bei gebogenen oder Ecken bildenden Wänden und Decken wählt man für F diejenige Fläche, welche etwa das Mittel zwifchen den beiden Begrenzungsflächen der Wände bildet. In der Regel find die Dicken der Wände und Decken gegenüber der Flächenausdehnung derfelben fo gering, dafs ein nennenswerther Fehler durch diefes Verfahren nicht entftehen kann. In zweifelhaften Fällen wird man, da die gefammte Rechnung den Zweck hat, die gröfste etwa eintretende Wärmeabführung zu beftimmen, reichlicher greifen, um ficher zu fein, dafs nicht zu wenig in Rechnung geftellt wurde.

117.
Anzunehmende Temperaturen.

Auch die Gröfse der anzunehmenden Temperaturen bedarf einer Auseinanderfetzung.

Die Temperatur im Freien kann nur erfragt werden; in den Städten pflegt diefelbe 1 bis 3 Grad höher, als diejenige des freien Feldes zu fein, weil die von den Häufern abgegebene Wärme die Strafsen gleichfam heizt.

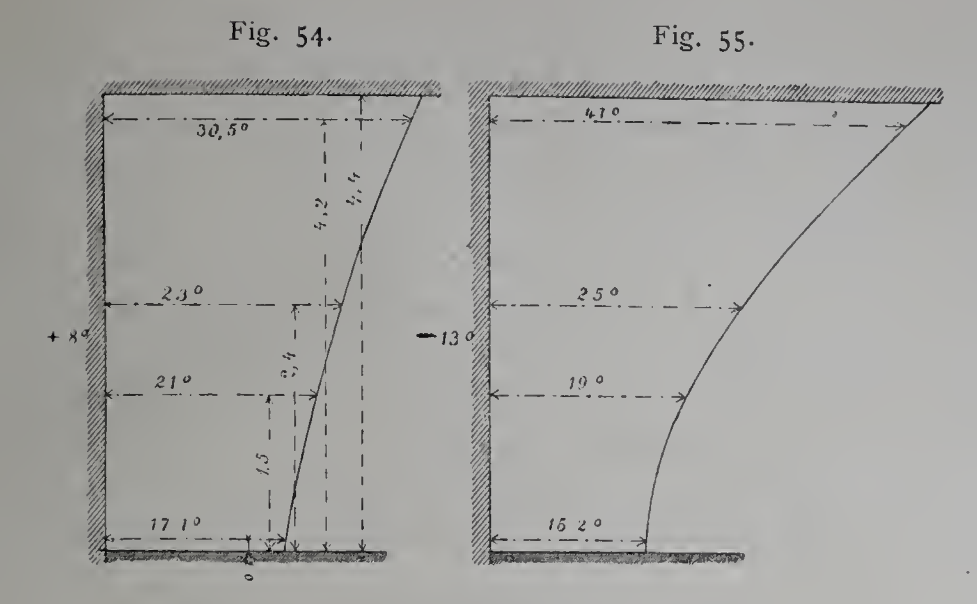
Die Temperatur der gefchloffenen Räume benennt man gemeiniglich nach derjenigen, welche in Kopfhöhe herrfchen foll. Auf S. 124 find einige Angaben über die gebräuchlichen Temperaturen zufammengeftellt.

Diefe Temperaturen dürfen indefs nicht unmittelbar zur Berechnung der Wärmeüberführung verwendet werden, indem diefelben, wie fchon erwähnt, in Kopfhöhe gemeffen, keineswegs aber gleichmäfsig im ganzen Raume vorhanden find. Beheizt man den betreffenden Raum mittels folcher Flächen, welche im Raume felbft aufgeftellt find, oder mittels folcher, die in einer befonderen Heizkammer fich befinden, fo ift immer die Luft die Trägerin der Wärme, fo weit von der unmittelbaren Wärmeftrahlung der Heizflächen gegen den menfchlichen Körper abgefehen wird. Die an den Heizflächen erwärmte Luft fteigt, ihres geringeren Gewichtes halber, fofort nach oben und breitet fich unter der Decke des Raumes aus. Hier giebt fie einen Theil ihrer Wärme ab, nämlich denjenigen, welcher durch die Decke verloren geht. In dem Mafse, wie die Luft vom Fufsboden abgefaugt wird, fei es zu abermaliger Erwärmung, fei es zur Befeitigung der Luft, finken die wärmeren Luftfchichten nach unten. Sie geben unterwegs einen ferneren Theil ihrer Wärme ab, nämlich denjenigen, welcher durch die lothrechten Wände des Raumes verloren geht. Unten angekommen, findet die letzte Abkühlung der Luft ftatt, nämlich durch den Fufsboden. Die höchfte Temperatur mufs fomit unter der Decke vorhanden fein, während die niedrigfte unmittelbar über dem Fufsboden gefunden werden wird. Die in den verfchiedenen Höhen herrfchenden Temperaturen vermag man für den Beharrungszuftand zu berechnen, fo fern vorher die Wärmemengen beftimmt find, welche für 1 Grad Temperatur-Unterfchied zwifchen den Innen- und Aufsenflächen der Wände übergeführt werden.

Um den Rahmen diefes »Handbuches« nicht zu fehr auszudehnen, will ich hier eine folche Rechnung nicht durchführen, mich vielmehr darauf befchränken, einige beobachtete Temperaturen anzugeben.

In meinem Arbeitszimmer machte ich Beobachtungen, als das im Freien aufgehängte Thermometer + 8 Grad und als daffelbe — 13 Grad zeigte. Es ergaben fich die in Fig. 54 u. 55 eingefchriebenen Temperaturen.

Sie bekunden in Zahlen zunächft, was allerdings bekannt ift, dafs in der Nähe der Decke eine wefentlich höhere Temperatur herrfcht, als in der Höhe, in welcher die Temperaturen abgelefen zu werden pflegen. Sonach mufs für die Temperatur der die Decke berührenden Luft eine entfprechend gröfsere Zahl in Anfatz gebracht werden, als für die Kopfhöhe vorgefchrieben wurde. Wie viel höher die in Rede ftehende Temperatur ift, kann genau nur in jedem einzelnen Falle feft geftellt werden. Annähernd kann diefelbe durch die Temperatur der einftrömenden warmen Luft beftimmt werden, da die durchfchnittliche Temperatur unter der Decke etwas niedriger fein mufs, als diejenige der Heizluft. Man



wird daher die Temperatur der letzteren, nicht aber diejenige des Zimmers in Rechnung fetzen, und zwar unter Abftrich eines Theiles derfelben, der abhängig ift von der Art der Zuführung und dem Wärmeübertragungsvermögen der Decke. Eine Decke, welche viel Wärme zu übertragen vermag, entzieht der Luft mehr Wärme, als eine forgfältig ausgeführte. Dem entfprechend wird erftere eine niedrigere durchfchnittliche Temperatur der die Decke befpülenden Luft veranlaffen, als letztere.

Im Durchfchnitt dürfte die Temperatur in der Nähe der Decke 5 bis 15 Grad niedriger fein, als diejenige der Heizluft. Bei Wahl der Zahlen zwifchen 5 und 15 Grad ift die Höhenlage der Luft-Zuftrömungsöffnung zu beachten. So fern die Heizluft in einiger Entfernung von der Decke oder gar unmittelbar über dem Fufsboden zur Zimmerluft tritt, verliert fie einen Theil ihrer Wärme an diefe, während fie emporfteigt. Bei befonders hohen Räumen geringer wagrechter Ausdehnung und gefchickter Vertheilung der Luft-Ausftrömungs-, fo wie -Abftrömungsöffnungen ift fogar die Temperatur der Luft an der Decke oft wefentlich niedriger, als am Fufsboden.

Berechnet man die durchfchnittliche Innentemperatur in Fig. 55, indem man annimmt, dafs die Begrenzungs-Curve ihre Richtung bis an die Decke und den Fufsboden beibehält und zwifchen zwei benachbarten Punkten gerade ift, fo entfteht

$$\frac{1}{4{,}4}\left[\frac{43{,}5+41}{2}\,0{,}2+\frac{41+25}{2}\,1{,}8+\frac{25+19}{2}\,0{,}9+\frac{19+15{,}2}{2}\,1{,}4+\frac{15{,}2+15}{2}\,0{,}1\right]=26 \text{ Grad.}$$

Sonach ift die durchfchnittliche Temperatur nicht unbedeutend höher, als diejenige in Kopfhöhe, welche etwa 20 Grad beträgt. Hieraus geht hervor, dafs die für die Wärmeüberführung der Wände in Rechnung zu fetzende Temperatur höher ift, als diejenige, welche man zu nennen pflegt. Der Unterfchied wird um fo gröfser fein müffen, je höher der beheizte Raum ift, indem die fefte Höhe von etwa 1,8 m immer vom unteren Ende der Curve gemeffen wird. Derfelbe wächst ferner mit der Fähigkeit der lothrechten Wände, Wärme zu übertragen, da hierdurch der Verlauf der Curve bedingt ift.

Ich erwähnte fchon, dafs man im Stande ift, die Curve durch Rechnung feft zu ftellen; in der Regel begnügt man fich jedoch mit einem Zufchlag, welcher bei 3 m Zimmerhöhe = 0, für jedes überfchiefsende Meter derfelben 5 bis 15 Procent beträgt.

Bei Zufammenftellung der Einzelbeobachtungen zu der in Fig. 55 gegebenen Curve fiel mir auf, dafs die untere Temperatur eigentlich niedriger fein müffte. Nach einigem Nachdenken ergab fich jedoch die Urfache der Abweichung von dem Erwarteten: der unter meinem Zimmer befindliche Raum war geheizt; fomit wurde meinem Zimmer diejenige Wärme durch den Fufsboden zugeführt, welche das unter mir befindliche Zimmer durch die Decke verlor. In diefem befonderen Falle brachte fomit der Fufsboden ftatt eines Wärmeverluftes einen Wärmegewinn hervor. Es dürfte gerechtfertigt fein, diefen Wärmegewinn zu berückfichtigen, fo fern eine Sicherheit dafür vorliegt, dafs der unter einem in Frage kommenden befindliche Raum regelmäfsig geheizt wird.

Es dürfte nothwendig fein, derjenigen Lufttemperatur noch einige Worte zu widmen, welche an den an benachbarte gefchloffene Räume grenzenden Einfchliefsungsflächen herrfcht.

Die Luft an der äufseren Fläche der Decke, alfo dem Fufsboden des nächft

höher liegenden Gefchoffes, ift im Allgemeinen kälter, als die Luft, welche in Kopfhöhe des höher gelegenen Raumes fich befindet. Ift diefer regelmäfsig beheizt, fo wird man — je nach Umftänden — auf eine Temperatur von + 10 bis + 16 Grad rechnen können; ift derfelbe nicht beheizt, fo finkt die Lufttemperatur deffelben nicht felten unter 0 Grad; ich habe auf einem Dachboden, bei — 17 Grad Temperatur des Freien über dem Fufsboden deffelben — $6\frac{1}{2}$ Grad gemeffen. So gering, wie die Temperatur des Freien, wird die in Rede ftehende Lufttemperatur niemals, da diejenige Wärme, welche die Decke überträgt, zur Erwärmung der Luft dient. Das Gleiche gilt von den Temperaturen an den lothrechten Wänden benachbarter Räume. Auch hier dient felbftverftändlich die übergeführte Wärme zur Erwärmung diefer Räume. Lediglich die genaue Kenntnifs der örtlichen Verhältniffe und der gebräuchlichen Benutzung der in Frage kommenden Räume befähigt, die zutreffenden Werthe zu wählen.

Wenn die benachbarten Räume in unregelmäfsiger Weife beheizt werden, fo mufs man felbftverftändlich den Wärmebedarf jedes einzelnen Zimmers nach den ungünftigften Umftänden berechnen; vollftändig falfch würde es aber fein, die fo für die einzelnen Zimmer gefundenen Wärmeerforderniffe einfach zufammenzuzählen, um die Wärmemengen, welche von den gemeinfchaftlichen Feuerungen frei gemacht werden müffen, zu beftimmen. Vielmehr find für diefen Zweck die ganzen Gebäude oder Theile derfelben als von ihren äufseren Einfchliefsungsflächen begrenzte Gefammträume zu behandeln.

In den vorliegenden Erörterungen ift meiftens nur der regelmäfsige Fall in das Auge gefafft, dafs die Temperatur des Freien niedriger ift, als diejenige, welche man in den gefchloffenen Räumen haben will. Es dürfte in denjenigen Fällen, in denen der künftlichen Kühlung nicht befonders gedacht ift, leicht zu erkennen fein, in welcher Richtung fich die Vorgänge verfchieben, fo fern die Temperatur der gefchloffenen Räume geringer fein foll, als diejenige des Freien.

d) Wärmeverluft durch den Luftwechfel.

118. Wärmeverluft.

Die Wärmemenge W_L, welche der Luftwechfel erfordert, ift leicht zu beftimmen, wenn man die Gröfse des Luftwechfels, die ftündlich zu-, bezw. abgeführte Luftmenge L (in Kilogr.) kennt. 1 kg Luft gebraucht, um 1 Grad wärmer zu werden, 0,24 Wärmeeinheiten; fomit ift

$$W_L = L \,.\, 0{,}24\ (T - t), \qquad 56.$$

wenn die Temperatur des Freien t Grad und diejenige des geheizten Raumes T Grad beträgt.

Von mancher Seite wird nicht der gröfste Temperaturunterfchied $T - t$ in Gleichung 56 eingeführt, fondern für t eine dem T fich mehr nähernde Gröfse eingefetzt, in der Erwägung, dafs die Luft auf ihrem Wege vom Freien bis zur Erwärmungsftelle am Mauerwerk des betreffenden Canals eine gewiffe Erwärmung finde. Indeffen ift nicht zu vergeffen, dafs die von den Canalwänden gelieferte Wärme irgend einen Urfprung haben mufs; mit feltenen Ausnahmen wird fie der Heizung des Haufes entftammen.

Bei unterbrochenem Lüften vertheilt fich die Wärmelieferung auf eine längere Zeit, fo dafs für folches ein mäfsiger Abftrich vom gröfsten Temperatur-Unterfchied am Orte ift.

Es wird zuweilen dann, wenn die Temperatur des Freien befonders niedrig ift, die Lüftungs-Einrichtung aufser Betrieb gefetzt, theils weil die Anlage die gefammte Wärmemenge nicht zu liefern vermag, theils weil mit zunehmendem Temperatur-Unterfchied die zufällige Lüftung das Bedürfnifs nach frifcher Luft befriedigt.

Offenbar bedarf man aber für jedes durch die zufällige Lüftung zugeführte Kilogramm Luft diefelbe Wärmemenge, wie für die gleiche Luftmenge, welche durch künftliche Lüftung gefördert wird. Wenn daher überhaupt ein erheblicher zufälliger Luftwechfel eintreten kann, fo mufs er bei Berechnung des Wärmebedarfes berückfichtigt werden.

119. Zufälliger Luftwechfel.

Den zufälligen Luftwechfel vermitteln die Spalten der Fenfter und Thüren und die Poren der Wände, welche fich zu fehr engen, unregelmäfsigen Canälchen vereinigen; er wird hervorgerufen durch den Druck des die Einfchliefsungsflächen treffenden Windes und durch den Auftrieb, welcher vom Temperatur-Unterfchied $T - t$ herrührt. Leider find die Grundlagen, welche zur Berechnung des zufälligen Luftwechfels dienen können, überaus unficher. Nach *Lang*[73]) läfft eine 0,03 m dicke Backfteinplatte bei 108 kg Druck auf 1 qm durch 1 qm Fläche ftündlich im Mittel 0,75 cbm Luft ftrömen, d. h. eine 0,5 m dicke eben folche Platte $\frac{0{,}75 \,.\, 0{,}03}{0{,}5} = 0{,}045$ cbm.

Nimmt man nun an, dafs eine Backfteinmauer zu 1/6 aus Mörtel, deffen Durchläffigkeit etwa 4,5-mal fo grofs ift, zu 5/6 aus Backfteinen befteht, fo gewinnt man 0,071 cbm ftündlichen Luftwechfel für 1 qm der 0,5 m dicken Wand bei 108 kg Winddruck (oder etwa 27 m fecundlicher Windgefchwindigkeit); 1 cbm Luft gebraucht für 1 Grad Temperatur-Unterfchied etwa 0,3 Wärmeeinheiten, alfo 0,071 cbm etwa 0,021 Wärmeeinheiten, während diefelbe Wand für denfelben Temperatur-Unterfchied 1,17 Wärmeeinheiten verliert. Der Wärmeverluft durch diefen heftigen Wind würde demnach nicht ganz 2 Procent desjenigen betragen, welcher durch Ueberleitung ftattfindet. Beftände die Wand ausfchliefslich aus Luftmörtel, fo würde allerdings der in Rede ftehende Wärmeverluft auf etwa 8 Procent desjenigen fteigen, welcher von der Wärmeüberleitung herrührt.

Dagegen geben *Schultze & Märker* an, dafs fie bei etwa 20 Grad Temperatur-Unterfchied etwa 2,9 cbm ftündlichen Luftwechfel durch 1 qm Backfteinmauer (deren Dicke nicht angegeben ift) beobachtet haben. Es war dies eine Stallwand; fie hatte vielleicht 0,25 m Dicke, fo dafs der Verluft durch Wärmeüberleitung (fiehe die Tabelle auf S. 123) bei 20 Grad Temperatur-Unterfchied etwa $1{,}7 \,.\, 20 = 34$ Wärmeeinheiten beträgt, während der durch zufällige Lüftung fich zu etwa $2{,}9 \,.\, 0{,}3 \,.\, 20 = 17{,}4$ Wärmeeinheiten, alfo rund 50 Procent jener Zahl berechnet.

Die Berechnung *Pauli*'s, nach welcher die Wände des *v. Pettenkofer*'fchen Arbeitszimmers für 1 Grad Temperatur-Unterfchied, 1 qm Fläche und 1 Stunde 0,245 cbm Luft hindurchliefsen, liefern ähnlich hohe Wärmeverlufte.

Die angezogenen Angaben laffen fich fonach fchwer mit einander in Einklang bringen.

Seitens der Heiztechniker wird vielfach der Wärmeverluft durch zufällige Lüftung nicht beachtet. Man verläfft fich auf die aus anderen Gründen gemachten Zufchläge zum berechneten Wärmeverluft. Andere wählen 5, 10, ja zuweilen 20 Procent Zufchlag zu den für die nach Often und Norden gerichteten Wände

---

73) Siehe: LANG, C. Ueber natürliche Ventilation. Stuttgart 1877. S. 81.

berechneten Wärmeverluften, die Höhe des Zufchlages nach der mehr oder weniger freien Lage diefer Wände fchätzend.

Wenn fchon diefes Verfahren unfichere Ergebniffe liefert, fo ift dies bei einem anderen, dem man nicht felten begegnet, in noch weit höherem Grade der Fall. Man fchätzt nämlich den durch die zufällige Lüftung eintretenden Luftwechfel nach dem Inhalte des betreffenden Raumes, und zwar als ftündlich 1-maligen (d. h., dafs der Luftinhalt des Raumes ftündlich 1-mal gewechfelt wird), auch wohl als $\frac{1}{2}$- oder, je nach Umftänden, $1\frac{1}{2}$-maligen, obgleich der Rauminhalt aufser allem Zufammenhange zur Gröfse und Natur der luftdurchlaffenden Aufsenwand und anderen, den zufälligen Luftwechfel beeinfluffenden Dingen fteht.

120. Verdunftung des Befeuchtungswaffers.

Bei Anwendung geregelten Luftwechfels fieht man oft eine Einrichtung vor, mittels welcher die frifche Luft künftlich angefeuchtet werden kann. Es vermag nun die Luft das Waffer nur als Dampf aufzunehmen, wefshalb auf eine Wärmequelle Bedacht zu nehmen ift, welche die Verdunftung des Waffers vermittelt. Die Verdunftung von 1 kg Waffer erfordert aber — abgefehen von der fühlbaren Wärme — bei den hier in Frage kommenden Spannungen rund 600 Wärmeeinheiten, fo dafs für den vorliegenden Zweck oft beträchtliche Wärmemengen in Frage kommen.

Diefe Wärme ift felbftverftändlich auch aufzubringen, wenn der Luftwechfel durch zufällige Lüftung und die Anfeuchtung der Luft durch Verdunftung im geheizten Raume hervorgebracht wird. Ich habe in Gewächshäufern, insbefondere in einem gröfseren Palmenhaufe, in welchen die Luft aus Rückficht auf das Gedeihen der Pflanzen fehr feucht gehalten werden mufs, mehrfach gefunden, dafs das unbefriedigende Ergebnifs der Heizung lediglich dem Nichtbeachten des Wärmebedarfs für die Wafferverdunftung zuzufchreiben war.

e) Wärmeauffpeicherung in Wänden und anderen Körpern.

121. Wärmeauffpeicherung.

Die bisherigen Befprechungen des Wärmeaustaufches durch Wände bezogen fich ausfchliefslich auf den Beharrungszuftand des Heizens. Diefer Beharrungszuftand ift zunächft zu fchaffen, fonach die Temperatur der Wände zu derjenigen zu machen, welche die auf S. 104 gegebenen Rechnungen lieferten. Man wird je nach Umftänden die vorhandenen Temperaturen der den Raum einfchliefsenden Flächen erhöhen oder vermindern müffen, um zum Beharrungszuftande zu gelangen. Auch andere in dem betreffenden Raume vorhandene Körper beanfpruchen in diefer Hinficht unfere Aufmerkfamkeit, indem auch diefe, je nachdem ihre Temperatur eine niedrigere oder höhere ift, als die verlangte Lufttemperatur, Wärme aufnehmen oder abgeben. Hierher gehören Möbel und vor allen Dingen Pfeiler und andere Freiftützen. Die Beftimmung der auszuwechfelnden Wärmemengen ift leicht, wenn die Einheitswärme der Körper und deren Gewicht bekannt ift. Indefs hat die Kenntnifs diefer Wärmemengen nur geringen Werth, fo fern unbekannt ift, innerhalb welcher Zeit und nach welchem Gefetze der Wärmeaustaufch ftattfindet.

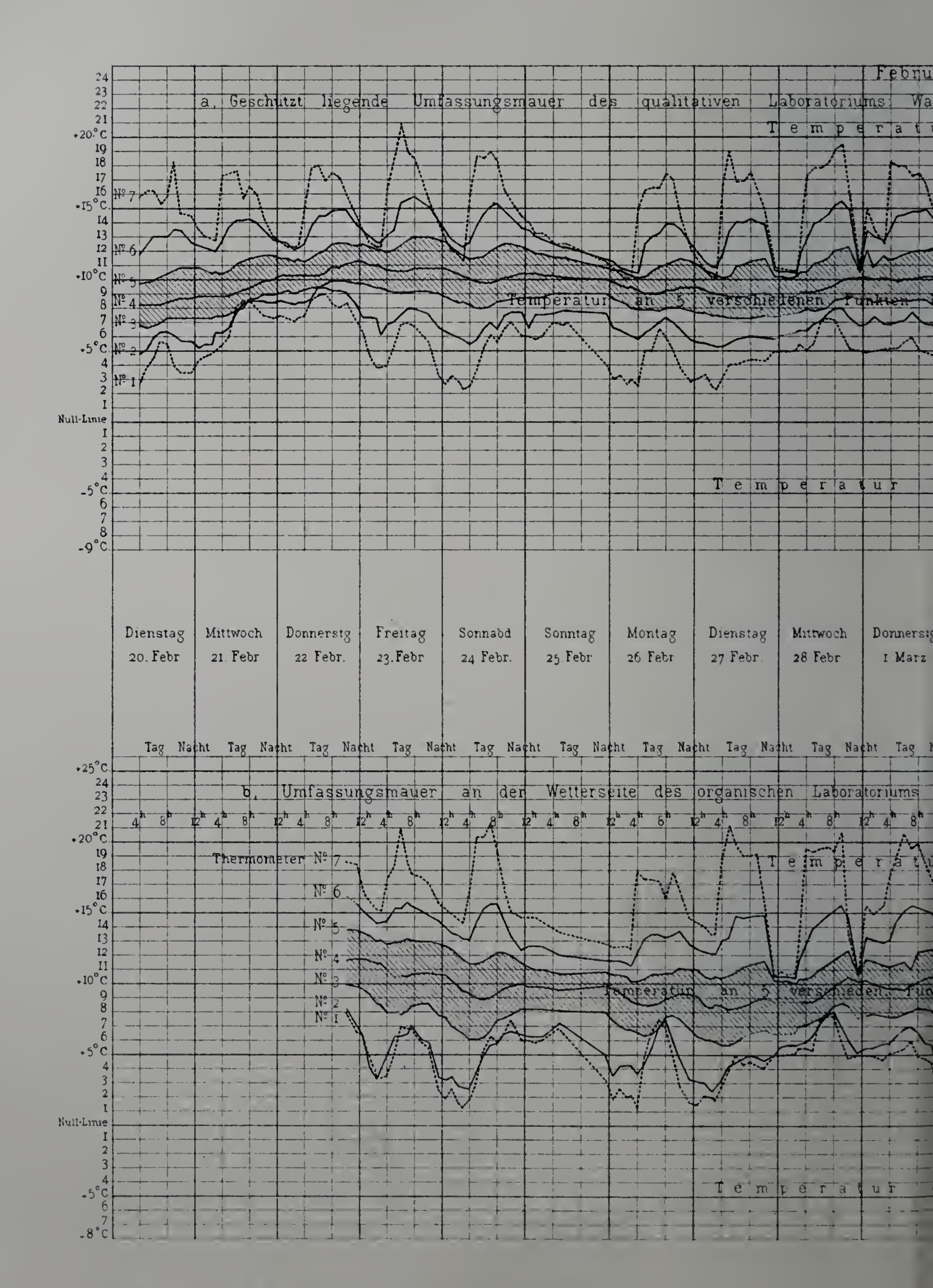
122. Freiftützen.

Fig. 56 mag Gelegenheit zu näherer Darlegung des in Rede ftehenden Vorganges bieten. ab und cd feien die lothrechten Begrenzungslinien einer Freiftütze von kreisrundem Querfchnitt. Von der Wagrechten 00 ab follen die Temperaturen auf lothrechten Linien abgetragen und deren Endpunkte durch Linien verbunden werden. Man gewinnt auf diefe Weife ein überfichtliches Bild der Temperaturen. Es fei ferner feit fehr langer Zeit die Temperatur der Luft, welche die Freiftütze umgiebt, unverändert gleich 0 Grad gewefen, fo dafs die gerade Linie 00 den Anfangszuftand bezeichnet, d. h. fowohl in der umgebenden Luft, als auch in der Stütze die Temperatur von 0 Grad herrfcht. Erwärmt man nunmehr die Luft, fo



NEUES CHEMISCHES INSTITUT DE

Schaulinien über die Wärme



NISCHEN HOCHSCHULE zu AACHEN.

ng durch Umfassungsmauern.

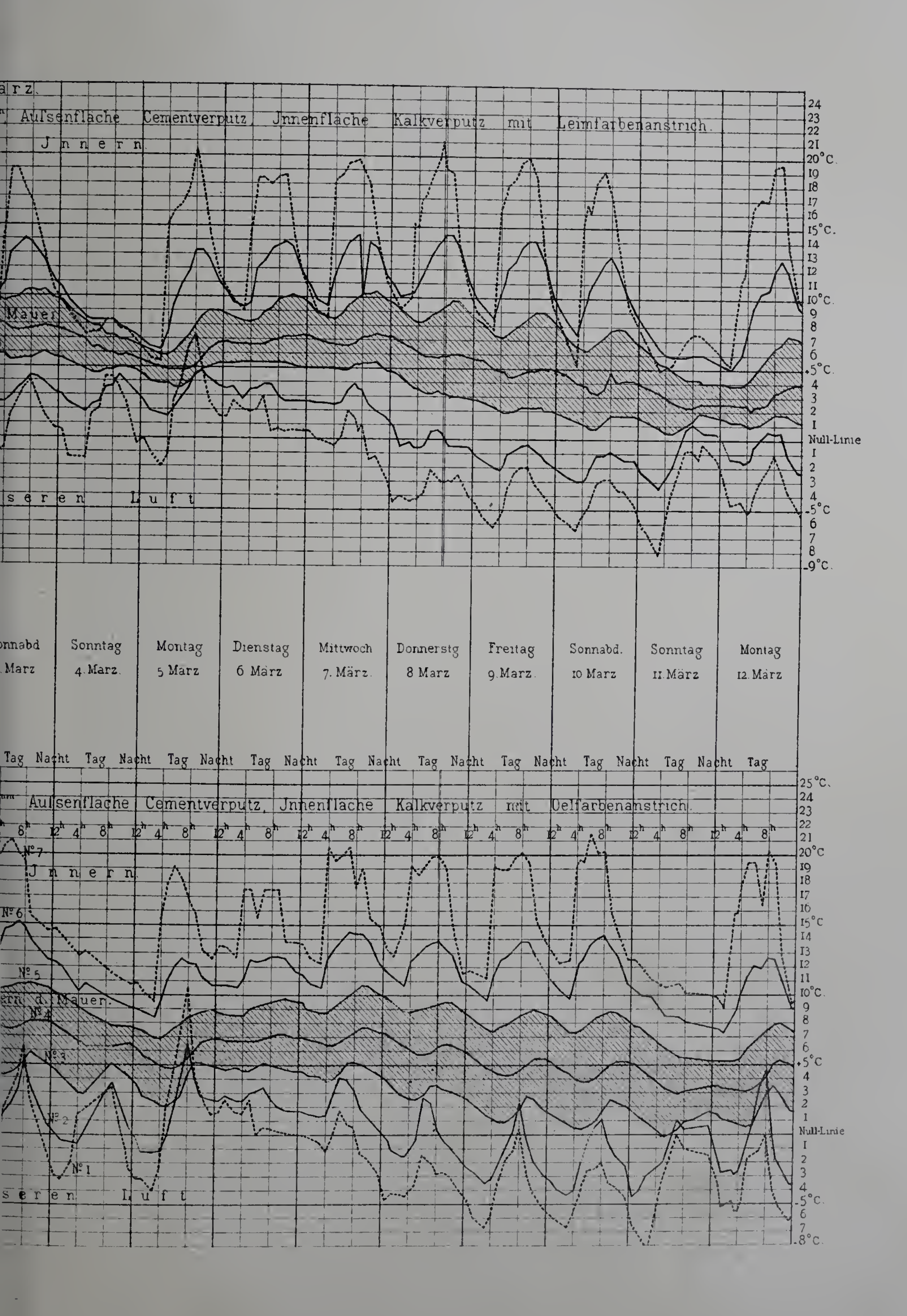
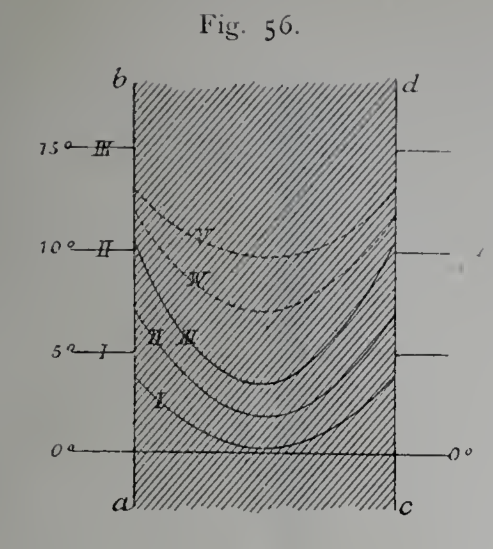


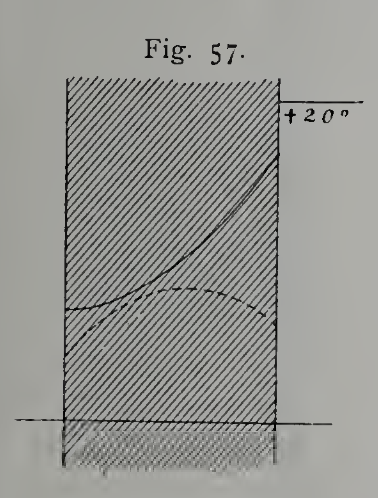


Fig. 56.



entſteht ein Temperatur-Unterſchied zwiſchen derſelben und der Oberfläche der Freiſtütze, vermöge deſſen eine entſprechende Wärmemenge in die Stütze abfliefst. Dieſe vertheilt ſich aber nicht ſofort auf den ganzen Querſchnitt der Freiſtütze, ſondern dient vorzugsweiſe zur Erwärmung desjenigen Theiles, welcher in der Nähe der Oberfläche ſich befindet. Man kann ſich vorſtellen, dafs, nachdem die Temperatur der Luft auf 5 Grad geſtiegen iſt, die Temperaturen im Inneren der Freiſtütze durch die Linie *I* wiedergegeben werden. In derſelben Weiſe gehört die Linie *II* zu der Lufttemperatur 10 Grad u. ſ. w. Bei 15 Grad Lufttemperatur bleibe man beiſpielsweiſe ſtehen; alsdann erhöht ſich die Temperatur der Stützenoberfläche nur noch langſam, während der Erwärmungsvorgang im Inneren der Stütze verhältnifsmäfsig raſcher fortſchreitet, in dem Sinne, welchen die Linien *IV* und *V* andeuten. Die Geſchwindigkeit der Erwärmung nimmt mit den Temperatur-Unterſchieden ab, ſo dafs genau genommen erſt nach unendlich langer Zeit die Temperatur der Freiſtütze gleich derjenigen der Luft ſein kann. Iſt die Stütze erwärmt und ſinkt wegen Einſtellung des Heizens die Temperatur der umgebenden Luft, ſo fliefst die Wärme der Freiſtütze der Luft zu, erwärmt ſie ſonach mehr oder weniger. Die betreffende Wärmemenge wird zunächſt denjenigen Theilen der Stütze entnommen, welche in der Nähe der Oberfläche derſelben ſich befinden; erſt allmählig bewegt ſich, des Leitungswiderſtandes halber, die Wärme des Stützeninneren nach auſsen, ſo dafs dieſelben Curven entſtehen, welche Fig. 56 erkennen läſſt, nur in umgekehrter Lage. Beiſpielsweiſe würden in einer Wand, in welcher die Temperaturvertheilung eines Heizungszuſtandes durch die ausgezogene Linie der Fig. 57 dargeſtellt iſt, nach längerer Einſtellung des Heizens die Temperaturen durch die punktirte Linie ſich wiedergeben laſſen.

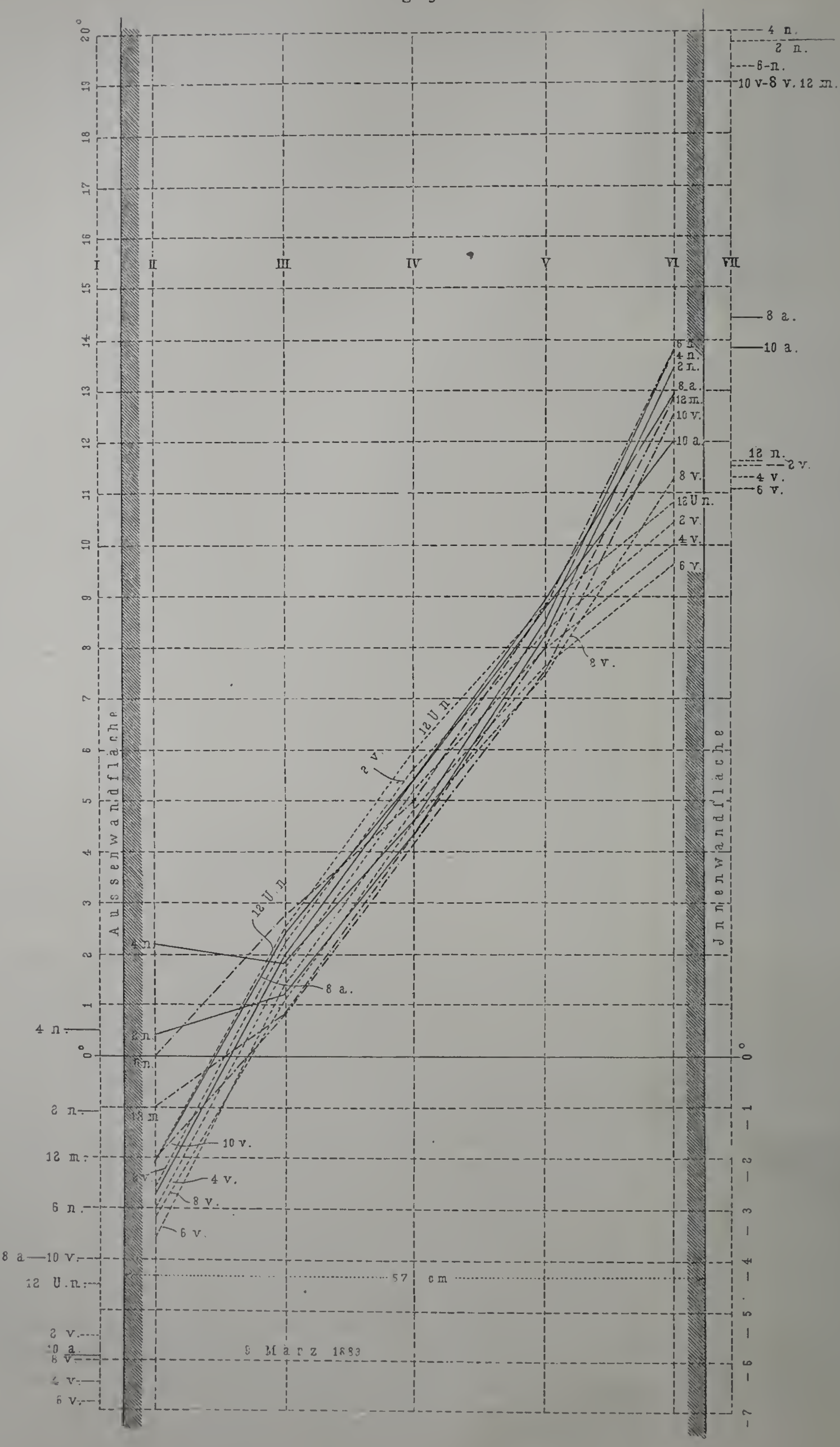
Fig. 57.



Die durch Fig. 56 u. 57 dargeſtellten Erwärmungsvorgänge habe ich ſeiner Zeit (1880) nach Schätzung aufgetragen. Zu der 1883-er Ausſtellung für Hygiene und Rettungsweſen zu Berlin hatte nun *Intze* mehrere Darſtellungen gemeſſener Temperatur-Zuſtände eingeſandt, welche meiner Anſicht nach recht bedeutungsvoll ſind, der Anſchauung über die Wärmevertheilung in Wänden erſt eine ſichere Grundlage geben und deſshalb zum Theile durch die neben und die umſtehende Tafel wiedergegeben ſind [74]). Sie geben zwei Beobachtungsreihen einer geſchützt liegenden, 570 mm dicken und einer eben ſo dicken, der Wetterſeite zugekehrten Wand, welche vom 20. Februar bis 2. April 1883 gewonnen worden ſind. Es ſind je 7 Thermometer benutzt worden: Nr. 1 im Freien; Nr. 2 ſo, dafs die Kugel vom Cementputz der Auſsenſeite völlig bedeckt war; Nr. 7 im Zimmer, Nr. 6 unter dem Putz des letzteren; die Kugel von Nr. 4 befand ſich inmitten der Wand, und die Kugeln von Nr. 3 und 5 um 1/4 der Wanddicke von der Auſsen-, bezw. Innenwandfläche entfernt. Der Querſchnitt in Fig. 58 läſſt übrigens die Tiefenlagen der Thermometerkugeln erkennen. Die Ableſungen fanden zweiſtündlich ſtatt.

74) Die damals ausgeſtellten Blätter befinden ſich im Beſitze des hygieniſchen Inſtitutes zu Berlin.

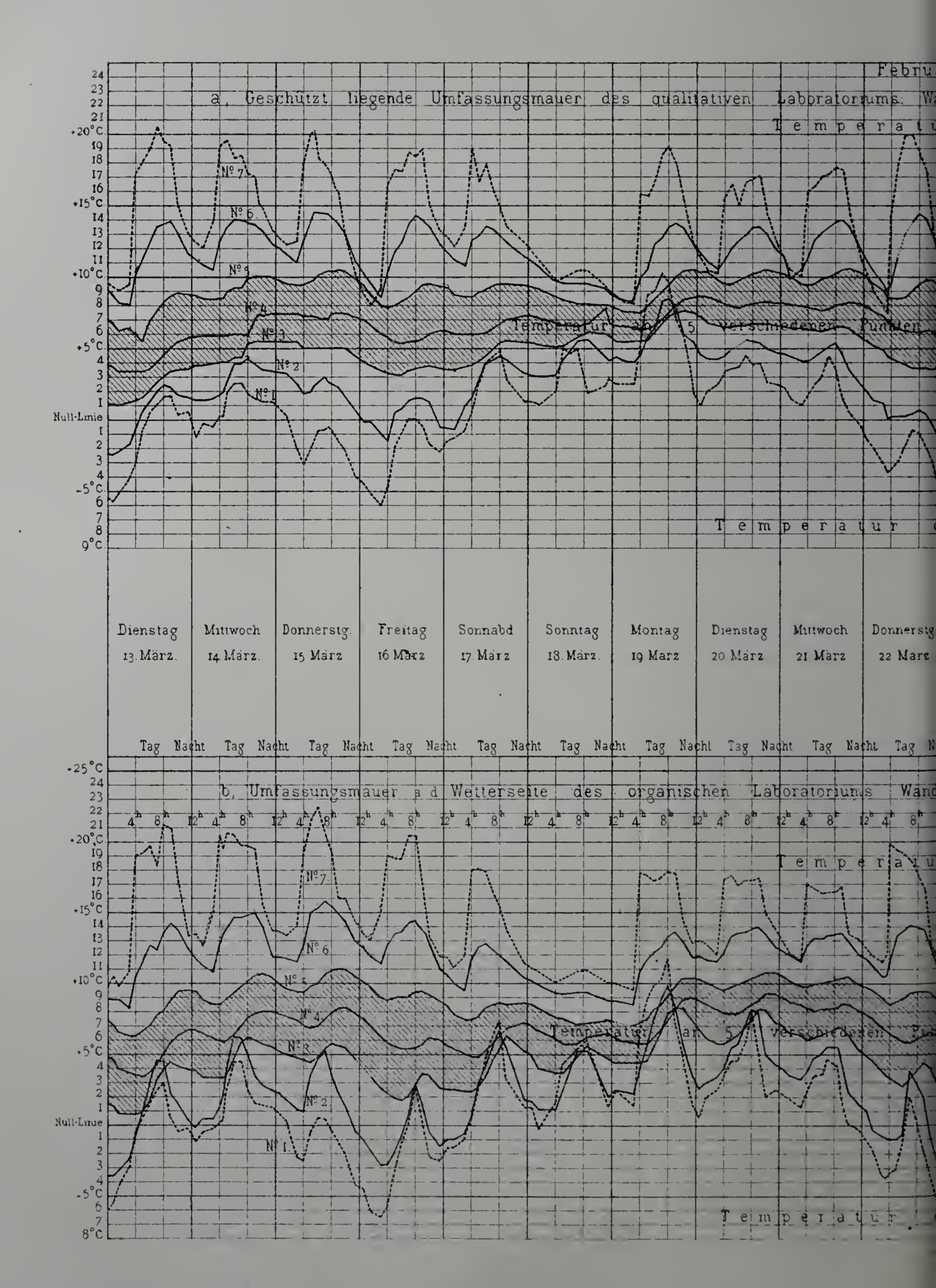
Fig. 58.


Aussenwandfläche
Innenwandfläche
I
II
III
IV
V
VI
VII
57 cm
9 März 1883



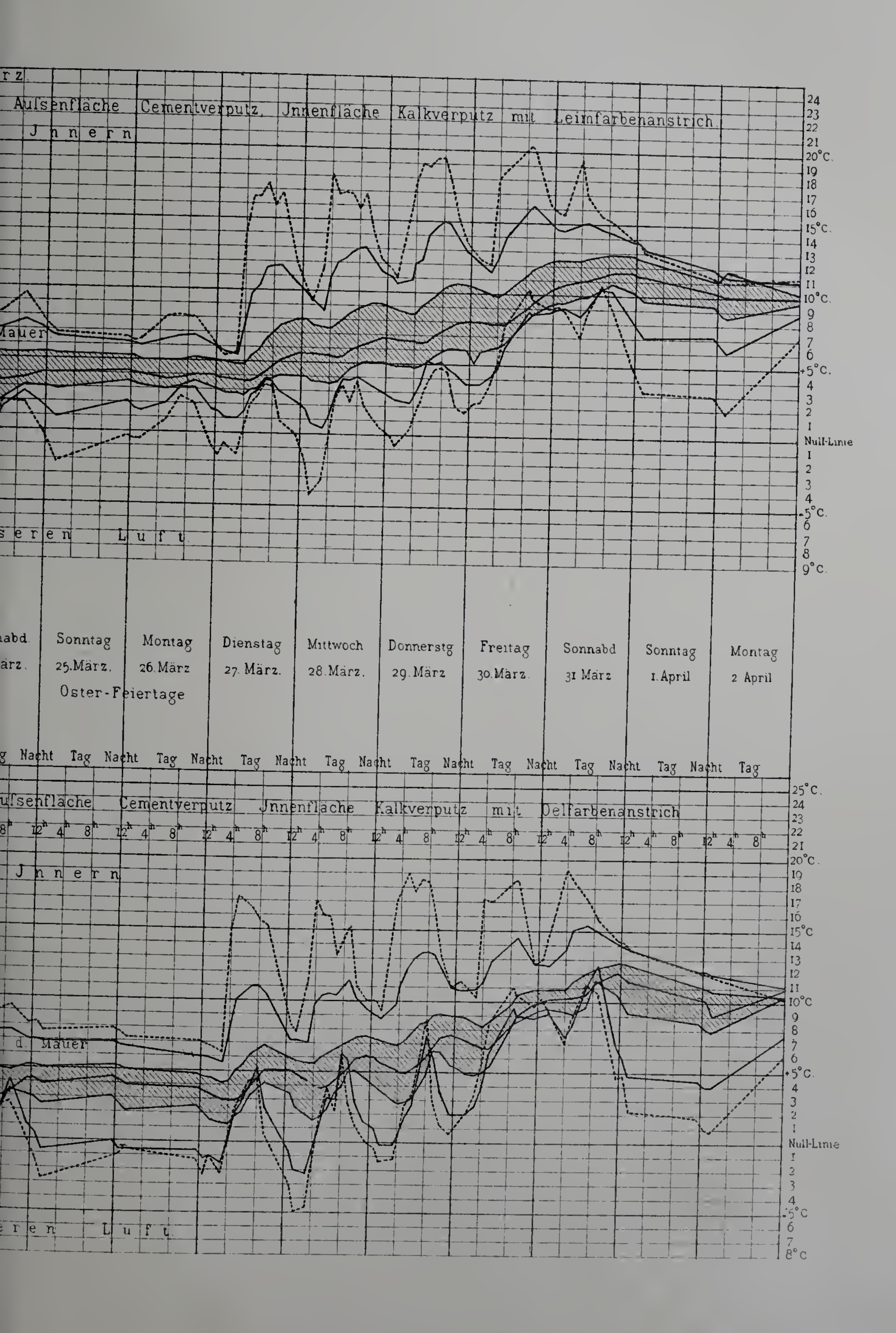
NEUES CHEMISCHES INSTITUT DE

Schaulinien über die Wärmeü



NISCHEN HOCHSCHULE zu AACHEN.

g durch Umfassungsmauern.





Auf den beiden Tafeln bezeichnen die lothrechten, ganz durchgezogenen Linien die Mitternachtsftunden, die kürzeren dagegen 8 Uhr Morgens, bezw. 4 Uhr Nachmittags. Die obere, geftrichelte Linie ftellt die Zimmer-Temperatur, die untere die Temperatur des Freien dar, während die 5 ausgezogenen Linien den Verlauf der Temperaturen innerhalb der Mauern wiedergeben. Der Ueberfichtlichkeit halber ift die Fläche, welche von den Temperaturen der drei mittleren Thermometer eingenommen wird, leicht fchraffirt.

Oberflächliches Anfchauen der beiden Tafeln läfft nun fchon erkennen, dafs den lebhaften Temperaturwechfeln der Räume einerfeits und des Freien andererfeits gegenüber die Temperatur in der Wandmitte verhältnifsmäfsig wenig fchwankt. Nr. 3, wie Nr. 5 find fchon lebhafter bewegt, und Nr. 2, wie Nr. 6 laffen Temperaturwechfel erkennen, welche fich denjenigen der Nr. 1, wie Nr. 7 dem Wefen, wenn auch nicht der Gröfse nach, anfchliefsen.

Man vermag aus den Darftellungen die Antworten auf manche bemerkenswerthe Fragen herauslefen, von denen ich einige hervorheben will.

Am Sonnabend den 24. Februar war in *b* Nachts 12 Uhr die Temperatur des Zimmers auf + 14 Grad gefunken; fie fiel noch weiter bis (Montags früh) 10 Grad, und zwar tiefer, als die Temperatur im benachbarten Putz, ja noch tiefer als beim Thermometer 6. Es mufs daher eine Wärme-Abflufsftelle (vielleicht die Fenfter) vorhanden gewefen fein, welche die Minderung der Zimmer-Temperatur lebhafter förderte, als die Wand. Nach Inbetriebfetzen der Heizung ftieg die Zimmer-Temperatur fehr rafch; das Thermometer 6 folgte langfam, und als am Montag Nachmittags die Zimmer-Temperatur rafch abnahm, vermochte die Temperatur unter dem Putz nicht zu folgen. Aehnliche Erfcheinungen erkennt man hinfichtlich der übrigen Sonntage, bezw. deren Nachbartage; fie treten fchärfer hervor während der Ofterfeiertage (fiehe die Tafel bei S. 117). Die Temperaturwechfel an der Aufsenfeite der Wände treten am fchärfften an der Wetterfeite (*b*) hervor. Ich weife befonders auf den 5. März hin, an welchem Tage Nachmittags 4 Uhr die Temperatur unter dem Putz der Aufsenwandfläche höher war, als diejenige im Wandinneren; am 19. März überfchritt jene fogar die Temperatur des Thermometers 5.

Wenn auch die Anfchauung durch das Eintragen der Temperaturen in den Wandquerfchnitt (Fig. 56 u. 57) gewinnt, fo leidet doch zweifellos die Ueberfichtlichkeit, was Fig. 58 erkennen läfft. Hier find die Temperaturen, welche am 9. März 1883 beobachtet wurden, in den Wandquerfchnitt, bezw. links und rechts von demfelben, in lothrechter Richtung abgetragen, die zufammengehörenden Temperaturen des Wandinneren auch durch gerade Linien mit einander verbunden. Die römifchen Zahlen bezeichnen die Thermometer, die arabifchen, wagrecht gelegten die Temperaturen und die arabifchen ftehenden Zahlen die Zeiten (z. B. 12 m = 12 Uhr Mittags; 2 n = 2 Uhr Nachmittags). Man erkennt im Uebrigen ohne Weiteres den Verlauf der Wärmevertheilung innerhalb der Wand.

123. Beftimmung der ausgetaufchten Wärmemengen.

Aus dem hier dargeftellten fortwährenden Wechfel der äufseren Temperaturen geht nun hervor, dafs der Beharrungszuftand felbft bei ftetiger Beheizung niemals erreicht wird, derfelbe aber noch mehr zur Unmöglichkeit wird, wenn — wie in der Regel — zeitweife nicht geheizt wird. Billigerweife follte man defshalb behuf Beftimmung der ausgetaufchten Wärmemengen niemals vom Beharrungszuftande ausgehen, fondern diejenigen Vorgänge zu Grunde legen, welche fo eben befprochen wurden. Indefs ift bisher noch keine wirklich brauchbare analytifche Form für die in Rede ftehenden Vorgänge gefunden [75]); follte fie jedoch gefunden werden, fo würde ihre Anwendung fchwierig bleiben, da die Erwärmungszuftände der Wände und Decken abhängig find von den Temperaturverhältniffen des Freien, welche vor einem zu betrachtenden Zeitpunkte, und zwar oft innerhalb mehrerer diefem Zeitpunkte vorangegangenen Tage, herrfchten. Diefe find von fo vielen anderen

[75]) Siehe: REDTENBACHER, F. Der Mafchinenbau. Bd. II. München 1863. S. 397 u. ff. — FERRINI, R. Technologie der Wärme. Deutfch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 341 u. ff. — DRONKE, A. Einleitung in die analytifche Theorie der der Wärmeverbreitung etc. Leipzig 1882. — KIRSCH. Bewegung der Wärme etc. Leipzig 1886.

Umständen abhängig, dafs fie wohl niemals in einer Formel ausgedrückt werden können.

Zur Erläuterung deffen mache ich auf Grenzfälle aufmerkfam. Es foll eine Kirche bei 0 Grad Temperatur auf 12 Grad erwärmt werden. Vorher herrfchte eine fehr niedrige Temperatur, welche vielleicht zwifchen — 17 und — 22 Grad fchwankte. Es wird defshalb die erforderliche Wärmemenge fehr grofs fein und keineswegs mit der z. Z. herrfchenden Temperatur von 0 Grad im Einklang ftehen. War die mehrere Tage hindurch herrfchende äufsere Temperatur dagegen eine milde, an dem in Frage kommenden Tage jedoch eine fehr niedrige, fo wird man, im Verhältnifs zu letzterer, wenig Wärme bedürfen. In den beiden genannten Fällen ift die Sachlage noch einigermafsen zu überfehen. Ift dagegen die Temperatur der Vortage nicht von erheblichen Wechfeln frei gewefen, fo wird Niemand im Stande fein, auch nur annähernd zu fchätzen, welche Wärmemengen zum Anheizen erforderlich find.

Hierzu kommt noch ein Einflufs, welcher meines Wiffens bisher vollftändig überfehen wurde; nämlich derjenige, welcher aus den Feuchtigkeitsverhältniffen der Wände entfpringt. Je feuchter die Luft, um fo mehr Feuchtigkeit wird fich in den umgebenden Wänden anfammeln, namentlich, wenn diefelben kälter find, als die Luft. Die Menge der Feuchtigkeit hängt ferner in hohem Mafse von der Natur der Wände ab. In Folge einer ftattfindenden Erwärmung der Wände wird eine gewiffe Menge des in Rede ftehenden Waffers verdampft und hierzu oft erhebliche Wärme verbraucht. Wer will diefe Wärmemengen berechnen?

124.
Grenzen des Wärmebedarfs.

Da die vorliegende Aufgabe vorwiegend auf Beftimmung des gröfsten Wärmebedarfs gerichtet ift, fo findet fich ein praktifcher Weg zur Löfung derfelben.

Zunächft laffen fich die äufserften Grenzen des Wärmebedarfs beftimmen.

Die untere derfelben ift ohne Weiteres gegeben. Führt man einem Raume mehr Wärme zu, als durch die Einfchliefsungswände abgeleitet wird, fo wird der Ueberfchufs zur Erwärmung der Maffen dienen, alfo ein Anheizen, ein allmähliges Nähern zum gedachten Beharrungszuftande ftattfinden. Die Luft giebt hierbei mehr Wärme an Wände, Freiftützen, Geräthe u. f. w. ab, als jener Ueberfchufs beträgt; fie wird defshalb längere Zeit eine niedrigere, als die gewünfchte Temperatur befitzen; diefelbe fteigt aber regelmäfsig bis zur verlangten Höhe. Hier ift uns lediglich unbekannt, innerhalb welcher Zeit die geforderte Lufttemperatur erreicht werden wird.

Die obere Grenze entfpringt dem Verlangen, gleichfam auf der Stelle die in Ausficht genommene Lufttemperatur zu erlangen. Da die Erwärmung der Luft des Raumes nur wenig Wärme verlangt — jedes Kilogramm für jeden Grad der Temperaturerhöhung 0,2377 Einheiten, alfo jedes Cub.-Meter etwa 0,29 Einheiten — fo kann die hierfür erforderliche Wärme vorläufig vernachläffigt werden. Es handelt fich fonach nur um diejenige Wärme, welche in die Oberflächen der Wände eintritt. Aus dem Früheren ift bekannt, dafs der Ausdruck ψ (Art. 103, S. 100) diejenige Wärmemenge bezeichnet, welche für 1 Grad Temperatur-Unterfchied zwifchen Wandfläche und Luft ftündlich von diefen ausgetaufcht wird. Ift fomit die Oberflächen-Temperatur ermittelt, fo ift die Berechnung der in Rede ftehenden Wärme fehr einfach. Das letztere Rechnungsverfahren liefert einen gröfseren Wärmebedarf, als das erftere. Je nachdem man in kürzerer oder längerer Zeit die verlangte Lufttemperatur erreichen will, wird man fich mehr dem einen oder dem anderen Grenzwerthe des Wärmebedarfs nähern.

Folgender Weg führt zu einem dritten Werth. Da die Fenfter und Thüren, zuweilen auch andere Einfchliefsungsflächen (z. B. die bretternen Gewölbe mancher Kirchen), faft kein Auffpeicherungsvermögen befitzen, fo berechnet man die auf

diefe entfallenden Wärmeverlufte nach dem Beharrungszuftande. Dickwandige Conftructionen, dickere Freiftützen und den Luftinhalt des Raumes behandelt man aber, indem man nur das Anheizen berückfichtigt. Man berechnet die Wärmemenge, welche der Luftinhalt erfordert, um auf die volle Temperatur zu kommen, und eben fo den Wärmebedarf für eine Schale der Wände, des Fufsbodens u. f. w., deren Dicke man fchätzt, theilt die fo gewonnene, dem Anheizen dienende Wärmemenge durch die in Ausficht genommene Anheizdauer in Stunden und fügt den erhaltenen Werth zu dem Wärmebetrag, welcher ftündlich durch Fenfter, Thüren u. f. w. verloren geht. Ich habe gefunden, dafs diefes Rechnungsverfahren für gewöhnliche Kirchen gute Ergebniffe liefert, wenn man die erwähnte Schale 12 bis 15 cm dick annimmt.

Die fo gewonnenen drei Werthe geben nunmehr Anhalt genug, um die betreffende Anlage mit ficherem Erfolge ausführen zu können.

Die folgende Tabelle enthält einige Angaben über die Wärme, welche 1 kg des betreffenden Stoffes für 1 Grad Temperaturfteigerung verlangt, das Eigengewicht des Stoffes und endlich die Wärmemenge, welche 1 cbm des Stoffes für 1 Grad Temperaturerhöhung verlangt, in abgerundeten Zahlen.

Stoffe.	Eigengewicht für 1 cbm des Stoffes.	Wärmemenge, welche für 1 Grad Temperaturerhöhung erforderlich ift, für 1 kg des Stoffes.	Wärmemenge, welche für 1 Grad Temperaturerhöhung erforderlich ift, für 1 cbm des Stoffes.
Waffer	1000	1	1000
Eifen	7500 bis 7800	0,11 bis 0,13	825 bis 1000
Eis	920	0,9	828
Kupfer	8600 bis 9000	0,09	770 bis 800
Kalkftein	2500 » 2800	0,2	500 » 560
Glas	2500 » 2900	0,18	450 » 520
Backfteine	1400 » 2300	0,19 bis 0,24	270 » 500
Steingut	2300 » 2500	0,12	270 » 300
Holz (trocken)	450 » 660	0,5 bis 0,58	230 » 380
Coke	1400	0,2	280
Atmofphärifche Luft (0 Grad)	1,29	0,238	0,3
	Kilogr.	Wärmeeinheiten.	

Aus diefer Tabelle geht die bemerkenswerthe Thatfache hervor, dafs zwar die Einheitswärme der Backfteine und diejenige der Kalkfteine faft gleich find, fo fern diefelben auf die Gewichtseinheit bezogen werden, dagegen letztere für gleichen Raum bei Weitem mehr Wärme für eine gleiche Temperaturerhöhung beanfpruchen, als erftere. Aus dem Schwanken der einzelnen Werthe folgt ferner, dafs für eine Zahl von Stoffen eine genaue Rechnung erft dann möglich ift, wenn man die Einheitswärme des gerade in Frage kommenden Stoffes vorher beftimmt.

Um Fehlfchlüffen vorzubeugen, mufs ich nochmals auf die Wärmevertheilung aufmerkfam machen, welche fchon in Art. 117 (S. 112) befprochen wurde.

In Folge der grofsen Wärmeaufnahmefähigkeit der noch unerwärmten Wände ift diejenige Wärmemenge, welche der Luft auf dem Wege zwifchen der Decke und dem Fufsboden entzogen wird, fomit auch der Temperatur-Unterfchied zwifchen den höher und den tiefer gelegenen Punkten eines Raumes verhältnifsmäfsig gröfser

als nach dem Anheizen. Je rafcher man anzuheizen beftrebt ift, um fo gröfser wird, unter fonft gleichen Verhältniffen, jener Unterfchied, d. h. man wird während des Anheizens in höherem Grade das Gefühl zu hoher Temperatur am Kopf und zu niedriger an den Füfsen haben, als während des Beharrungszuftandes. Je mehr Waffer die Wände aufzufaugen vermögen, um fo empfindlicher wird der genannte Uebelftand fein. Daher ift ein allmähliges Anheizen für die Behaglichkeit eines Raumes unbedingtes Erfordernifs, obgleich daffelbe mehr Wärme erfordert, als plötzliches Anheizen, da der Raum bis zu Erreichung der gewünfchten Lufttemperatur als unbenutzbar bezeichnet werden mufs und trotzdem bis zu diefer Zeit eine gewiffe Wärmemenge an das Freie abführt.

125.
Wärmebedarf.

Unter Berückfichtigung der genannten Umftände pflegt man für Räume, welche ftetig beheizt werden, lediglich die Wärmemengen in Anfatz zu bringen, welche oben für den Beharrungszuftand näher angegeben wurden. Bei Räumen, welche nur am Tage beheizt werden, macht man für das Anheizen einen Zufchlag von 10 bis 25 Procent, welcher bei gröfseren Unterbrechungen des Heizens wohl ausnahmsweife auf 50 Procent gefteigert wird.

Die Berechnung des Wärmebedarfs für (chriftliche) Kirchen, welche in der Regel nur wöchentlich einmal geheizt werden, findet zweckmäfsig nach dem Verfahren ftatt, welches oben für die Berechnung des für das Anheizen erforderlichen Wärmebedarfs angegeben wurde. Um die bedeutenden Temperatur-Unterfchiede der verfchiedenen Höhenlagen nicht zu grofs werden zu laffen, um vor allen Dingen die durch die Temperatur-Verfchiedenheiten herbeigeführten Luftftrömungen erträglich zu machen, darf man die Anheizdauer nicht zu knapp bemeffen. Unter 10 Stunden follte man für das Anheizen der Kirchen niemals rechnen; eine längere Anheizdauer ift aber empfehlenswerth [76]).

Diejenige Wärmemenge, welche während des Anheizens zum Erwärmen der Wände u. f. w. benutzt wurde, wird nach dem Aufhören des Heizens theilweife an die Luft des betreffenden Raumes wieder zurückgegeben, wie fchon angedeutet wurde. Eine Verwerthung diefer Thatfache findet nur in fo fern ftatt, als man die Heizung fchon während der Benutzung des Raumes einzuftellen vermag. Der geeignete Zeitpunkt hierfür wird durch nachherige Erfahrung beftimmt; derfelbe ift ohne Einflufs auf die Anlage, braucht defshalb in diefer Richtung hier nicht erörtert zu werden.

Von Wichtigkeit ift dagegen der Abkühlungsvorgang, fo fern man den betreffenden Raum künftlich zu kühlen gedenkt. Alsdann handelt es fich offenbar um diefelben Vorgänge, welche beim Anheizen befprochen wurden; nur ift die Richtung gegenüber dem Anheizen gleichfam negativ, wie auch die künftliche Kühlung als negative Beheizung bezeichnet werden kann.

Während in mehrfachen Beziehungen das Wärmeauffpeicherungsvermögen der Wände für das Anordnen von Heizungs-Anlagen Schwierigkeiten bietet, gewährt daffelbe in anderer Richtung nicht unwefentliche Erleichterungen. Ich erwähne hier nur, dafs bei Berechnung der Heizungs-Anlage für gut ausgeführte Steingebäude wegen des Wärmeauffpeicherungsvermögens der Maffen nicht die niedrigfte der vorkommenden Wintertemperaturen, fondern höchftens die Durchfchnittstemperatur des kälteften Tages in Anfatz zu bringen ift. Hierdurch vermindert fich der Temperatur-Unterfchied $(T - t)$ oft erheblich.

---

76) Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 324.

f) Durchſchnittliche Zahlenwerthe

zur Berechnung des Wärmeaustauſches durch Wände, Decken u. ſ. w.

1) Werthziffern k (in Wärmeeinheiten für 1 qm Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperatur-Unterſchied) für die Wärmeüberführung lothrechter Wände.

α) Gemauerte, dem Freien zugekehrte Wände.

Wandſtärke in Met.	k				
	Backſteinmauern.		Bruchſteinmauern.		
	F. *	*R.* *	*F.* *	*R.* *	*Pr.* *
0,14	2,31	—	—	—	—
0,27	1,66	—	—		1,80
0,30	—	1,80	2,45	2,00	—
0,40	1,27	1,37	2,12	1,63	1,30
0,50	—	1,17	1,87	1,36	—
0,53	1,03	—	—	—	1,10
0,60	—	1,00	1,68	1,16	—
0,66	0,86	—	—	—	0,90
0,70	—	0,87	1,52	1,01	—
0,79	0,74	—	—	—	0,75
0,80	—	0,77	1,39	0,90	—
0,90	—	0,70	1,28	0,81	—
0,92	0,66	—	—	—	0,65
1,00	—	0,63	1,18	0,73	—
1,05	0,59	—	—	—	—

β) Gemauerte Scheidewände.

Wandſtärke in Met.	k	
	Backſtein-mauern.	Bruchſtein-mauern.
0,14	2,20	—
0,27	1,62	2,14
0,40	1,23	1,74

γ) Beiderſeitig geputzte Holz-Scheidewände.

Einfache Bretterwand . . . . $k = 1,5$.
Doppelte hohle Holzwand . . $k = 0,9$.

δ) Thüren, *Pr.* *: $k = 2,0$.

ε) Dem Freien zugekehrte Thüren.

Dicke der Thüren in Centim.	k	
	Eichenholz.	Tannenholz.
2	2,92	2,24
4	2,2	1,5

ζ) Dem Freien zugekehrte Fenſter.

Fenſter.	*F.* *	*Pr.* *
Einfache Fenſter . . .	$k = 5$	$= 3,75$
Doppelfenſter	$k = 1,77$	$= 2,50$

2) Werthziffern k (in Wärmeeinheiten für 1 qm Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperatur-Unterſchied) für die Wärmeüberführung von Decken und Deckenlichtern.

	F. *	*Pr.* *
Einfache ungeputzte Bretterdecken, unter denſelben die wärmere Luft . . .	$k = 2$	—
Decken nach Art der Fig. 51 (S. 108), unter denſelben die wärmere Luft .	$k = 0,5$	0,5
Decken nach Art der Fig. 51 (S. 108), über denſelben die wärmere Luft . .	$k = 0,3$	0,4
Decken nach Art der Fig. 52 (S. 108), unter denſelben die kältere Luft . .	$k = 0,71$	0,6
Decken nach Art der Fig. 52 (S. 108), über denſelben die kältere Luft . .	—	0,7
Einfache wagrechte Fenſter (Deckenlichter), unter denſelben die wärmere Luft	$k = 5,4$	5,4
Doppelfenſter, desgl.	$k = 2,6$	3,0

*) Ueber die Bedeutung der Bezeichnungen »*F.*«, »*R.*« und »*Pr.*« ſiehe Art. 109 (S. 106).

3) Gebräuchliche Temperaturen.

*α) F.**

Für Treibhäufer . . . . $T = 20$ bis 25 Grad.
» Wohnräume, Warmhäufer, Sitzungsfäle, Hörfäle, Zeichenfäle etc. $T = 17$ » 20 »
» Tanzfäle . . . . . $T = 15$ » 18 »
» Kirchen und Kalthäufer $T = 10$ » 15 »
» Synagogen . . . . $T = 15$ » 20 »

*β) Pr.**

Für Gefchäfts-, bezw. Wohnräume aller Art . . . . $T = 20$ Grad.
» Verfammlungs- und Hörfäle . $T = 18$ »
» Gänge, Flure, Treppenhäufer . . . . $T = 12$ »
» Krankenzimmer . . . . . $T = 22$ »
» Gefängnifsräume . . . . $T = 18$ »

Für die Temperatur des Freien ift in Anfatz zu bringen:

Bei Treibhäufern, Warmhäufern und ähnlichen Bauwerken, in deren Wänden u. f. w. nur wenig Wärme gefammelt wird: die niedrigfte der vorkommenden Wintertemperaturen $= t$.

Bei kräftigen Steinbauten: die mittlere Temperatur des kälteften Tages $= t$.

4) Zufchläge zu den Temperatur-Unterfchieden $(T - t)$, wenn die Räume erwärmt werden follen.

α) Ueber der Decke befindet fich ein ungeheizter Raum, deffen niedrigfte Temperatur zu 0 Grad angenommen wird: Zufchlag $= + 20$ Grad.

β) Der Raum über der Decke wird regelmäfsig geheizt: Zufchlag $= + 25$ Grad.

γ) Der Raum unter der Decke wird nicht geheizt: Zufchlag $= 0$ Grad.

δ) Der Raum unter der Decke wird regelmäfsig geheizt: Zufchlag $= - 20$ Grad.

ε) Für lothrechte Wände, fo fern die Zimmerhöhe 3 m nicht überfteigt: Zufchlag $= 0$ Grad.

ζ) Für lothrechte Wände der Zimmer, welche höher find, als 3 m:
Zufchlag $= 0{,}05$ bis $0{,}15$ $(T - t)$ für jedes überfchiefsende Meter Zimmerhöhe.

η) Für das Anheizen: Zufchlag $= 0{,}1$ bis $0{,}25$ $(T - t)$.

5) Einige andere mittlere Werthe von *k*.

Stündliche Wärmeüberführung für 1 Grad Temperatur-Unterfchied und 1 qm Fläche:

Aus Luft oder Rauch durch eine etwa 1 cm dicke Thonplatte in Luft (nach *Redtenbacher*) . . . . $k = 5$.
Aus Luft oder Rauch durch eine Wand von Gufseifen oder Eifenblech $k = 7$ bis 10.
Aus Luft oder Rauch durch eine gufseiferne oder fchmiedeeiferne Wand in Waffer und umgekehrt . . . . $k = 13$ bis 20.
Aus Wafferdampf durch eine gufs- oder fchmiedeeiferne Wand in Luft $k = 11$ bis 18.
Aus Dampf durch eine metallene Wand in Waffer . . . . $k = 800$ bis 1000.
Aus Dampf durch eine bekleidete Metallwand in Luft:

nackte Wand	$k = 14{,}3$	nach *Ifherwood*
Wand mit 6,5 mm dicker Filzdecke	$k = 5{,}1$	
» » 12,7 » » »	$k = 2{,}8$	
» » 19 » » »	$k = 2{,}0$	
» » 25 » » »	$k = 1{,}5$	
» » 50 » » »	$k = 1$	
Kiefelgur-Umhüllung, 15 bis 30 mm dick bedeckt	$k = 1{,}2$ bis $2{,}0$ Wärmeeinheiten.	

---

6. Kapitel.

Luftverunreinigung und Unfchädlichmachen derfelben.

a) Quellen der Luftverunreinigung.

126.
Quellen.

In Art. 97 (S. 92) wurde fchon auf die Quellen der Luftverunreinigung hingewiefen, und zwar zunächft auf die Gasentwickelungen, welche der thierifche Stoffwechfel im Gefolge hat. Die Gas-, bezw. Dampfentwickelungen find fehr verfchiedener Art, indem fowohl der Athmungsvorgang, als die Ausdünftung der Haut und auch andere Ausfcheidungen des thierifchen Körpers der umgebenden Luft nicht un-

bedeutende Gasmengen zuführen. Neben denfelben ift die Zerfetzung pflanzlicher und thierifcher Stoffe, welche in dem betreffenden Raume vorhanden find, als Erzeugerin folcher Gafe zu bezeichnen, welche die Athembarkeit der Luft beeinträchtigen.

Die den genannten beiden Quellen entftammenden Gas- und Dampfmengen laffen fich zum Theile durch Reinlichkeit und gefunde Ernährungsweife wefentlich vermindern; fie find aber niemals ganz zu vermeiden.

Die künftliche Beleuchtung der Räume liefert nicht unbedeutende Mengen zum Theil übel riechender, zum Theil nicht athembarer Gafe. Die dem Freien zu entnehmende frifche Luft ift häufig mit erheblichen Staubmengen behaftet, welche organifchen — herftammend von den Ausleerungen der Pferde u. f. w. — oder unorganifchen Urfprunges find. Häufig wird es nothwendig, immer aber wünfchenswerth fein, diefe Staubtheile von der Luft zu trennen, bevor letztere in die zu lüftenden Räume tritt.

Endlich entftehen in Folge gewerblicher Thätigkeit oft gröfsere Mengen von dem thierifchen Lebensvorgange fchädlichen Gafen und Dämpfen, fo wie die Lungen angreifender Staub. Diefe Luftverunreinigungen können, ihrer Vielfeitigkeit halber, nicht allgemein behandelt werden; ich verzichte daher an diefem Orte auf diefelben näher einzugehen.

Die Verunreinigung durch den Stoffwechfel der Menfchen, durch Zerfetzung pflanzlicher und thierifcher Stoffe und durch künftliche Beleuchtung treten faft überall in annähernd gleicher Weife auf, wefshalb fie ihrer Natur und ihrer Menge nach eingehender befprochen werden follen.

127.
Menfchlicher Stoffwechfel.

Die Gasausfcheidungen der Lungen beftehen der Hauptfache nach aus Kohlenfäure und Wafferdampf; diejenigen der Oberfläche des thierifchen Körpers find zufammengefetzterer Natur; fie beftehen vorwiegend aus Wafferdampf, enthalten aber nicht felten die Zerfetzungsergebniffe abgängiger Hauttheile und — rechnet man die Kleidung des Menfchen als zu deffen Körper gehörig — an den Kleidern aufgehäuften Schmutzes. Noch verfchiedener, fowohl nach ihrer Natur, als auch nach ihrer Menge, find diejenigen Gafe, welche dem Eingeweide des thierifchen Körpers entweichen. Man hat fich gewöhnt, nach dem Vorgange *v. Pettenkofer*'s, die vorhandene Kohlenfäuremenge als Mafs der Luftverunreinigung anzunehmen, unter der allerdings nicht immer zutreffenden Vorausfetzung, dafs die übrigen Verunreinigungen im geraden Verhältnifs zur Kohlenfäuremenge ftehen.

Da diefe Annahme für den vorliegenden Zweck genügt, fo werde ich mich auf die nähere Erörterung der auftretenden Kohlenfäuremengen befchränken, aufserdem aber, als für die Beheizung und Lüftung wichtig, die Dampfentwickelung gebührend würdigen.

128.
Kohlenfäure-Entwickelung.

Nach den Verfuchen und Angaben von *v. Pettenkofer* und *Voit*[77]), fo wie *Scharling* und *Breiting*[78]) darf man im Durchfchnitt auf folgende ftündlich entwickelte Kohlenfäuremengen rechnen:

für einen erwachfenen Mann	40	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . . .	34	»
» eine Jungfrau	28	»
» ein Kind	22	»

77) Siehe: Zeitfchr. f. Biologie, Bd. 2, S. 546.

78) Siehe: LEHMANN, C. G. Handbuch der phyfikalifchen Chemie. Leipzig 1854. Bd. 3, S. 320.

Diefe Zahlen entfprechen, wie fchon angegeben, Durchfchnittswerthen und werden vielfach über- und unterfchritten, je nach den Ernährungs- und Bewegungsverhältniffen des Menfchen.

129. Wafferdampf-Entwickelung.

Noch mehr ift die Wafferdampfentwickelung wechfelnd. Sie hängt nicht allein von der Ernährung des Menfchen und davon ab, ob derfelbe in Ruhe fich befindet oder arbeitet, fondern auch von dem Feuchtigkeitszuftande der ihn umgebenden Luft. So fern letztere trocken ift, wird fie dem Körper gröfsere Feuchtigkeitsmengen in Form von Dampf entziehen; ift fie dagegen nahezu mit Feuchtigkeit gefättigt, fo vermag die Haut nur wenig oder gar keinen Wafferdampf an die Luft abzugeben, fo dafs die ausgeftofsene Flüffigkeit in Form von Schweifs die Hautoberfläche bedeckt. Wie bereits in Art. 99 (S. 95) bemerkt, fteht hiermit die Art der Entwärmung des menfchlichen Körpers in unmittelbarer Beziehung, indem demfelben natürlich durch Verdunften des ausgeftofsenen Waffers entfprechende Wärme entzogen wird.

In der angedeuteten Richtung find meines Wiffens keine genauen Verfuche gemacht, fo dafs allein die Durchfchnittswerthe der Verdunftung bei mittlerem Feuchtigkeitsgehalte der Luft genannt werden können. Sie dürften ftündlich betragen:

für einen erwachfenen Mann	100	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . .	80	»
» eine Jungfrau	65	»
» ein Kind	50	»

130 Gas-beleuchtung.

Die Kohlenfäuremenge, welche die Gasbeleuchtung liefert, wurde fchon unter B, Kap. 3: Gasbeleuchtung (Art. 52, S. 49) genannt. Im Durchfchnitt dürfte diefelbe für 1 cbm verbrannten Leuchtgafes mit 1,3 kg in Rechnung gefetzt werden müffen.

Gleichzeitig wird durch die Verbrennung des Leuchtgafes Wafferdampf entwickelt, und zwar im Durchfchnitt 1 kg für 1 cbm Leuchtgas.

Die Verunreinigung der Luft durch andere künftliche Beleuchtungsmittel find derjenigen durch Steinkohlengas, gleiche Lichtentwickelung vorausgefetzt, im Allgemeinen gleich zu fetzen. (Vergl. übrigens Art. 100, S. 96 [79].)

Wenn man auch, als dem Bedürfniffe entfprechend, die Kohlenfäuremenge, die dem Stoffwechfel entftammt, zum Mafsftabe der gefammten Luftverunreinigung annimmt, fo ift es doch nicht gerechtfertigt, die von der künftlichen Beleuchtung herftammende Kohlenfäure eben fo zu behandeln. Diefelbe ift zwar auch von Gafen begleitet, welche die Luft verunreinigen, indeffen keineswegs in demfelben Verhältnifs, als die dem Stoffwechfel entftammende Kohlenfäure. Meiner Anficht nach follte man defshalb die Kohlenfäure der künftlichen Beleuchtung nur zum Theile in Rechnung ziehen.

131. Sonftige Verunreinigungen.

Die vielfältigen Gafe und der Staub, den die Vermoderung von Möbeln, Kleidern u. f. w. und die Benutzung derfelben erzeugen, können nicht in Zahlen genannt werden. Man berückfichtigt diefelben gleichfam, indem man annimmt, dafs fie im geraden Verhältnifs zu denjenigen Luftverunreinigungen ftehen, welche dem menfchlichen Körper entftammen.

132. Zuläffiger Kohlenfäure-gehalt.

Die Kohlenfäure felbft ift für den Menfchen nicht fchädlich, fo fern nicht fehr grofse Mengen derfelben der Luft beigemifcht find; man hält vielmehr die fie be-

---

[79]) Eben fo: ERISMANN. Unterfuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künftliche Beleuchtung etc. Zeitfchr. f. Biologie 1876, S. 315.

gleitenden, nicht näher angegebenen Gase für das Schädliche, bezw. Gefährliche. Lediglich die Schwierigkeit, bezw. die Unmöglichkeit, die letzteren Gase nach Art und Menge zu bestimmen, hat Veranlassung gegeben, die leichter zu bestimmende Kohlensäure als Maßstab der Luftverunreinigung zu benutzen. In diesem Sinne verlangt *v. Pettenkofer*, dass 1 cbm Luft höchstens 1 l, möglichst aber nur 0,7 l Kohlensäure enthalten soll. Die Zahlen sind gewonnen auf Grund des Geruches derjenigen Luft, welche durch die gasförmigen Ausscheidungen des Menschen verunreinigt war; sie müssen hiernach subjective genannt werden und können keineswegs den Anspruch auf unbestreitbare Giltigkeit erheben. Mit Recht macht *Weiss* [80]) auf die Einseitigkeit aufmerksam, welche zur Begründung jener Zahlenangaben geführt hat. Indem derselbe zugiebt, dass mit zunehmendem Kohlensäuregehalt die Athembarkeit der Luft abnimmt oder, mit anderen Worten, die Gesundheit der Menschen beeinträchtigt wird, verlangt derselbe von den Aerzten die Angabe des Gesetzes, nach welchem die Gesundheitsschädlichkeit der Luft sich ändert, so dass dasselbe in Form einer Curve, deren Abscissen den Kohlensäuregehalt und deren Ordinaten den schädlichen Einfluss der betreffenden Luft auf die Gesundheit darstellen, wiedergegeben werden kann. Da ein Luftwechsel im geschlossenen Raume nur durch Zu- und Ableiten der Luft hervorgebracht werden kann, so ist mit demselben eine Luftbewegung verbunden. Je grösser diese Luftbewegung, d. h. je stärker der Luftwechsel ist, um so mehr wird im Allgemeinen die Gesundheit der Menschen durch Zugluft beeinträchtigt. *Weiss* verlangt auch die Angabe des Gesetzes für diese Schädigung der Gesundheit. Würde dasselbe ebenfalls durch eine Curve derselben Axen aufgetragen, so würden sich beide in Frage kommenden Curven an irgend einer Stelle schneiden müssen und in dem Schnittpunkte diejenigen Verhältnisse angeben, unter denen die betreffende Luft am zuträglichsten für den Menschen ist.

Vorläufig dürften sich die genannten Gesetze nicht in die erforderlichen Formen bringen lassen; man wird bis zur Erreichung derselben berechtigt sein, die genannten Zahlen zwar als willkommene Anhaltspunkte zu betrachten, ihr völlige Richtigkeit aber zu bestreiten. (Vergl. S. 1 u. 2, so wie Art. 139, S. 132.)

b) Messen der Luftbeimischungen.

133. Messen der Kohlensäure.

Das einzig zuverlässige Verfahren, die Mengen der Luftbeimischungen zu bestimmen, besteht in dem Abmessen einer bestimmten, mit Beimischungen behafteten Luftmenge und Ausscheiden der einzelnen Beimischungen unter gleichzeitigem Wägen derselben. Es würde jedoch zu weit führen, an diesem Orte genauer auf das Messen von Kohlenoxyd-Gas, Kohlensäure u. s. w. einzugehen, zumal dasselbe, um zuverlässig zu sein, von der Hand eines geübten Chemikers ausgeführt werden muss. Hierzu kommt noch die Thatsache, dass man die Gasbeimischungen nur in besonderen Fällen zu bestimmen hat, so dass ich mich begnüge, auf die unten genannten Quellen hinzuweisen [81]).

134. Messen des Wasserdampfes.

Das Messen des Wasserdampfgehaltes der Luft scheint leichter zu sein, als das Messen der übrigen Gasmengen. Ich werde daher ausführlicher auf dasselbe eingehen.

Ausser dem auch hier allein zuverlässigen Verfahren, welches Eingangs erwähnt

---

80) Vergl.: Civiling. 1877, S. 355.

81) FISCHER, F. Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880. S. 180.

LUNGE, G. Zur Frage der Ventilation. 2. Aufl. Zürich 1879. S. 32. — Gesundh.-Ing. 1883, S. 197; 1885, S. 221; 1886, S. 713.

wurde, ſind Meſseinrichtungen im Gebrauch, welche auf einer der folgenden phyſikaliſchen Eigenſchaften des Gemiſches von Luft und Waſſerdampf beruhen.

In der Raumeinheit Luft vermag ſich genau eine Raumeinheit Dampf zu verbreiten, deſſen Spannung der Temperatur der Luft entſpricht, wobei die entſtehende Spannung gleich der Summe der beiden Einzelſpannungen wird. Sinkt die Temperatur der Luft, bezw. des Gemiſches von Luft und Dampf, ſo vermindert ſich die Fähigkeit der Luft, Waſſerdämpfe in ſich aufzunehmen, indem die zugehörige Dampfſpannung eine geringere, alſo das Gewicht der Raumeinheit des Dampfes kleiner wird.

Durch Vermindern der Temperatur derjenigen Luft, welche weniger Waſſerdampf enthält, als ſie aufzunehmen vermag, vermag man ſonach zunächſt die Sättigung der Luft mit Waſſerdämpfen herbeizuführen; wird die Luft weiter abgekühlt, ſo muſs eine entſprechende Dampfmenge zu Waſſer werden. Die in Rede ſtehende Abkühlung der Luft kann nun durch kältere Flächen feſter Körper ſtattfinden, ſo daſs das gebildete Waſſer auf den erwähnten Flächen einen Ueberzug bildet. Diejenige Temperatur der betreffenden feſten Fläche, bei welcher die Waſſerhaut ſich zu bilden beginnt, nennt man die Thaupunkts-Temperatur; ihr entſpricht die Spannung des Dampfes, ſo daſs das Gewicht der in der Raumeinheit vorhandenen Dampfmenge nach ihr berechnet werden kann.

Das von *Daniell* 1819 erfundene Hygrometer benutzt dieſe Thatſache. Leider iſt daſſelbe nur unter Anwendung äuſserſter Vorſicht anzuwenden, ſo daſs daſſelbe im vorliegenden Falle unbeachtet bleiben kann.

So fern die Luft nicht bis zur Sättigung mit Waſſerdampf gefüllt iſt, iſt ſie beſtrebt, jede Gelegenheit zu weiterer Waſſerverdunſtung zu benutzen, und zwar mit um ſo gröſserer Entſchiedenheit, je weiter das Gemiſch von der Sättigung oder dem Thaupunkte entfernt iſt. Die Waſſerverdunſtung erfordert Wärme, ſo daſs am Ort derſelben eine Abkühlung erfolgt, die ſich um ſo mehr fühlbar macht, je gröſsere Wärmemengen gebunden werden, bezw. je raſcher die Verdunſtung ſtattfindet, indem die Ausgleichung der Temperaturen des Verdunſtungsortes und der umgebenden Luft Zeit erfordert. Man iſt ſomit im Stande, aus dem Unterſchied der Temperatur des Verdunſtungsortes und derjenigen der umgebenden Luft auf die Neigung der Luft zur Waſſerverdunſtung, d. h. auf ihren Feuchtigkeitszuſtand zu ſchlieſsen. Es bedarf nach dem Geſagten kaum hervorgehoben zu werden, daſs nur unter beſtimmten Vorausſetzungen, die ſchwer zu erfüllen ſind, gleichartige Ergebniſſe gewonnen werden können.

Das auf dem angeführten Gedanken beruhende, 1829 von *Auguſt* erfundene, Pſychrometer genannte Geräth muſs in Folge deſſen für die Zwecke der Heizung und Lüftung ebenſalls als wenig brauchbar bezeichnet werden. Beſſer ſcheint das Schleuder-Pſychrometer von *Doyère* zu ſein [82]).

Zwei Thermometer ſind mit einander verbunden; die Kugel des einen wird feucht gehalten, ſo daſs an ihrer Oberfläche die Verdunſtung ſtattfindet. Man ſchleudert nun die beiden an einer etwa 1 m langen Schnur befeſtigten Thermometer mit ſolcher Geſchwindigkeit im Kreiſe herum, daſs jede Drehung rund 1 Secunde währt, die gegenſätzliche Geſchwindigkeit zwiſchen Thermometerkugeln und Luft alſo 6 bis 7 m beträgt. Nach ungefähr 100 Drehungen wird der Temperatur-Unterſchied beider Thermometer abgeleſen.

Die Verdunſtung einer Waſſerfläche wächst im geraden Verhältniſſe des Unterſchiedes zwiſchen der Dampfſpannung, welche der Waſſertemperatur zugehört, und derjenigen, welche in der Luft herrſcht. Letztere ſteht in unmittelbarer Beziehung zum Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Man kann ſomit aus der in einer gewiſſen Zeit verdunſteten Waſſermenge auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft ſchlieſsen.

Bei den Verſuchen, welche im Auftrage des Magiſtrats der Stadt Berlin in den dortigen Schulen vorgenommen wurden, bediente man ſich eines auf den ſo eben ausgeſprochenen Gedanken begründeten Geräthes, welches in der unten angegebenen Quelle [83]) beſchrieben iſt. Um die Zuverläſſigkeit deſſelben richtig zu beurtheilen, darf man nicht überſehen, daſs die Bewegungsart der umgebenden Luft von groſsem Einfluſs auf die Verdunſtung iſt.

---

[82]) Siehe: Fischer, F. Zeitſchr. f. d. chem. Induſtrie, Mai 1887, S. 272.

[83]) Bericht über die Unterſuchungen der Heizungs- und Ventilations-Anlagen der ſtädtiſchen Schulgebäude Berlins. Berlin 1879. S. 50.

Endlich find die hygrofkopifchen Eigenfchaften pflanzlicher wie thierifcher Stoffe, bezw. die räumlichen Veränderungen derfelben in Folge Entziehung von Waffer durch trockene und Zuführung deffelben durch feuchtere Luft zur Beftimmung der Luftfeuchtigkeit benutzt. Das hiernach eingerichtete holländifche oder Puppen-Hygrometer (Mann mit dem Regenfchirm- und Frau mit dem Sonnenfchirm) ift fehr alt; es wurde fchon 1685 von *William Molyneux* befchrieben. *Sauffure* benutzte die Längenänderung eines entfetteten Menfchenhaares und befchrieb das nach ihm benannte Hygrometer 1783. Andere benutzten die hygrofkopifchen Eigenfchaften von Holz- und Strohfafern u. f. w.

Das Verhalten der in Rede ftehenden organifchen Stoffe gegenüber dem Feuchtigkeitszuftande der Luft ift keineswegs ein gleich bleibendes. Durch Staub und andere Einflüffe wird fowohl die Fähigkeit, Waffer auszutaufchen, als auch diejenige, entfprechend der aufgenommenen Waffermenge eine beftimmte Gröfse oder Geftalt anzunehmen, erheblich beeinträchtigt, fo dafs auch diefe Hygrometer, oder beffer gefagt, Hygrofkope keine zuverläffige Auskunft über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu geben vermögen.

Am wenigften fühlbar fcheinen diefe Uebelftände bei dem von *Kopp* verbefferten *Sauffure*'fchen Hygrofkop zu fein.

Ein gut entfettetes Menfchenhaar wird an einem Ende befeftigt, mit dem anderen Ende um eine leicht drehbare Spindel gelegt. In umgekehrter Richtung ift um diefe Spindel ein Seidenfaden gefchlungen, auf deffen freies Ende eine Feder fo wirkt, dafs das Haar jederzeit leicht, und zwar möglichft gleichförmig, gefpannt bleibt. An der Spindel befindet fich ein entlafteter Zeiger, der über einem Gradbogen fpielt. Der fefte Punkt des Menfchenhaares ift nun einftellbar, fo dafs man im Stande ift, nachdem man das Haar längere Zeit völlig durchnäffter Luft ausgefetzt hat, bei 100 Procent einzuftellen.

Für genaue Beobachtungen des Feuchtigkeitsgehaltes ift nur das Eingangs erwähnte, allerdings ziemlich umftändliche Verfahren brauchbar, nach welchem die zu unterfuchende Luft gewogen, dann vollftändig vom Waffer befreit und hiernach wieder gewogen wird [84]).

135. Meffen ftaubförmiger Beimengungen.

Das Meffen der ftaubförmigen Beimengungen findet zwar zur Zeit felten ftatt, verdient aber diefelbe Beachtung, wie das Beftimmen gasförmiger Verunreinigungen. Es gelingt ohne Schwierigkeit, indem man eine beftimmte Menge der zu unterfuchenden Luft durch Waffer drückt, hierauf den genetzten Staub durch Filtern vom Waffer abfcheidet und trocknet. Die Fehlerquellen, welche diefes Verfahren begleiten, haben eine nur geringe Bedeutung, indem die Verunreinigung der Luft durch Staub oft innerhalb fehr kleiner Zeiträume fich fteigert, bezw. mildert, fonach ein genaues Meffen der Staubmengen keinen befonderen Werth hat [85]).

Literatur

über »Luftverunreinigung« und »Meffen der Luftbeimifchungen«.

BREITING, C. Die Luft in Schulzimmern. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1870, S. 17.

Die Luft in den menfchlichen Wohnungen. Landwirth 1870, Nr. 41.

VOGT, A. Unterfuchung der Luft in Krankenhäufern. Schweiz. Corr.-Bl. 1872, Nr. 5.

TREICHLER. Ueber Luftverderbnifs in Schulzimmern und deren Verhütung. Schweiz. Corr.-Bl. 1873, S. 70.

ANES, C. H. Ueber die Befchaffenheit der Luft in Schulen und Arbeitsräumen. *Sanitarian*, Bd. 1, S. 35.

OIDTMANN, H. Unterfuchungen der Luft in gefchloffenen Räumen. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öffentl. Gefundheitspfl. 1873, S. 211.

Refultate der am 26. Mai 1874 im Marinelazareth zu Kiel ausgeführten Unterfuchungen auf den Kohlenfäuregehalt der Luft. Deutfche milit.-ärztl. Zeitfchr. 1874, S. 460.

PINZGER. Ueber Ventilation bewohnter Räume und den Einflufs der Beleuchtung auf die Verfchlechterung der Luft. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1875, S. 302.

ZELITZKI, L. Refultate der Unterfuchung der Luft in verfchiedenen Claffen der Nordhäufer Schulen. Thüring. ärztl. Corr.-Bl. 1875, S. 4.

LUNGE, G. Zur Frage der Ventilation mit Befchreibung des minimetrifchen Apparates zur Beftimmung der Luftverunreinigung. Zürich 1876.

[84]) Siehe hierüber: FISCHER, F. Zeitfchr. f. d. chem. Induftrie, 1887, Mai, S. 271.

[85]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 240, S. 52.

HUDELO. Ueber die Veränderungen der Zimmerluft durch Leuchtgasheizung. *Annales d'hyg.* 1876, S. 528.
ERISMANN, F. Unterfuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künftliche Beleuchtung und über die Vertheilung der Kohlenfäure in gefchloffenen Räumen. Zeitfchr. f. Biologie 1876, S. 315.
HESSE. Zur Beftimmung der Kohlenfäure in der Luft. Zeitfchr. f. Biologie 1877, S. 395; 1878, S. 29.
VOGLER. Ueber Luftverderbnifs und deren Ermittelung. Schaffhaufen 1878.
Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den ftädtifchen Schulgebäuden in Bezug auf ihre fanitären Einflüffe, erftattet im Auftrage des Magiftrats zu Berlin. Berlin 1879.
SCHOTTKY, A. Luftunterfuchungen in Schulzimmern. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 505.
WALLIS, C. Ueber die verfchiedenen Methoden der Kohlenfäurebeftimmung in der Luft für hygienifche Zwecke. Hygica 1879, S. 585.
HESSE, W. Anleitung zur Beftimmung der Kohlenfäure in der Luft, nebft einer Befchreibung des hierzu nöthigen Apparates. Vierteljahrsfchr. f. ger. Medicin 1879, S. 357.
REMSEN. Vorläufiger Bericht über die Unterfuchungen betr. die befte Methode, um die Menge der organifchen Stoffe in der Luft zu beftimmen. *Nat. board of health bull.*, Bd. 1, S. 233.
Unterfuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den ftädtifchen Schulgebäuden zu Darmftadt. Darmftadt 1880.
FODOR, J. v. Das Kohlenoxyd in feinen Beziehungen zur Gefundheit. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1880, S. 377.
VALLIN, E. *Sur quelques procédés pratiques d'analyfe de l'air. Revue d'hyg.* 1880, S. 193.
WERNICH, A. Ueber verdorbene Luft in Krankenhäufern. Gefundh.-Ing. 1881, S. 77.
Ueber den Nachweis und die Giftigkeit des Kohlenoxyds. Gefundh.-Ing. 1881, S. 251.
ASSMANN. Der Staub in der Atmofphäre und feine Wirkungen. Gefundh.-Ing. 1882, S. 727.

c) Unfchädlichmachen der Luftverunreinigungen.

136. Mittel.

Den üblen Wirkungen der erwähnten Gafe und Dämpfe, fo wie des Staubes tritt man auf verfchiedenen Wegen entgegen: man verbreitet entgiftende Gafe und Dämpfe; man reinigt die zu athmende Luft mittels Durchfeihens, indem man Mund und Nafenöffnung mit genetzten Tüchern oder Aehnlichem bedeckt; man befeitigt die fchädlichen Gafe und Dämpfe, bevor diefelben der zu athmenden Luft fich beimifchen; man verdünnt diefelben in dem Mafse mit reiner Luft, dafs fie nicht mehr fchädlich einwirken können.

Einige der genannten Verfahren bedingen keine baulichen Einrichtungen, können daher an diefem Orte vernachläffigt werden; die anderen erfordern dagegen eingehende Beachtung.

1) Abführung der fchädlichen Gafe, der Dämpfe und des Staubes, bevor diefelben der zu athmenden Luft fich beimifchen.

137. Anwendbarkeit diefes Verfahrens.

Von diefem Verfahren, welches an fich als das zweckmäfsigfte und wirkfamfte bezeichnet werden mufs, wird vielfach Gebrauch gemacht. Eine grofse Zahl gewerblicher Anlagen würde auf andere Art die zu athmende Luft nicht genügend rein erhalten können. So weit als möglich, läfft man die in Rede ftehenden Gafe u. f. w. in dicht verfchloffenen Gefäfsen oder Räumen, die mit einer geeigneten Abzugsröhre verfehen find, fich entwickeln, während befondere Einrichtungen die Beobachtung des betreffenden Vorganges geftatten, ohne dafs ein Menfch in den fraglichen Raum einzutreten hat. Ift ein folches Verfahren nicht zuläffig, fo werden Gafe, Dämpfe und Staub abgefaugt, indem unter einem Rauch-, Qualm- oder Dampffang oder einem ähnlichen Gebilde, oft in Umhüllungen, welche nur kleine Arbeits- und Beobachtungsöffnungen haben, die Luft in dem Mafse verdünnt wird, dafs von allen Seiten die Luft desjenigen Raumes hinzuftrömt, in welchem fich die zur Bedienung der betreffenden Einrichtung erforderlichen Menfchen befinden.

In Wohn- und ähnlichen Räumen kann von dem in der Ueberfchrift genannten

Verfahren nur in wenigen Fällen Gebrauch gemacht werden, indem die dem menſchlichen Lebensvorgange entſpringenden Gaſe und Dämpfe frei in den Raum ausſtrömen müſſen, wenn man die Beweglichkeit der Menſchen nicht auf das empfindlichſte beeinträchtigen will. Selbſt bei Kranken dürfte das Anbringen von Abſaugeſchirmen — die vorgeſchlagen ſind — in ſolchem Maſse beengend und beunruhigend wirken, daſs dieſe die Geneſung mehr hemmen, als fördern würden.

Die Verunreinigungen, welche durch die Beleuchtungsflammen entſtehen, laſſen ſich indeſſen in den meiſten Fällen vermeiden, indem die betreffenden Gaſe ſofort nach ihrem Entſtehen in geeigneten Röhren abgeleitet werden. Da dieſe Gaſe eine hohe Temperatur beſitzen, ſo bedarf es nur einer zweckmäſsigen Anlage der genannten Röhren, um einen ſolchen Minderdruck in denſelben zu erzeugen, daſs durch etwa nothwendige Oeffnungen innerhalb der von Menſchen benutzten Räume Luft eingeſaugt, alſo das Austreten der ſchädlichen Gaſe nicht allein verhindert, ſondern auch eine theilweiſe Abführung der Zimmerluft erreicht wird. In Kap. 3 (Gasbeleuchtung, Art. 52, S. 49) ſind bereits einſchlägige Angaben gemacht und hierher gehörige Einrichtungen beſchrieben worden; bezüglich der Berechnung der erforderlichen Maſse, ſo wie bezüglich der beſonderen Einrichtungen an Sonnenbrennern u. ſ. w. verweiſe ich auf das weiter unten (Kap. 8) Folgende.

2) Unſchädlichmachen der Luftverunreinigungen durch Verdünnen derſelben.

α) Erforderliche Verdünnung.

138.
Atmoſph. Luft.

Wenn bisher von reiner Luft die Rede war, ſo wurde dabei ſtillſchweigend der Vorbehalt gemacht, daſs Luft von ſolcher Reinheit in Frage komme, wie dieſelbe zu haben iſt. Die Luft des Freien iſt keineswegs lediglich aus den weſentlichen Beſtandtheilen — etwa 76 Theilen Stickſtoff, 24 Theilen Sauerſtoff und Waſſerdunſt — zuſammengeſetzt, ſondern enthält zahlreiche andere Gaſe beigemiſcht, welche mehr oder weniger als Verunreinigungen der Luft aufgefaſſt werden müſſen. Sie rühren von den Vorgängen her, welche Gas und Staub entwickeln; ſie entſtrömen den Wohnungen, den Stallungen, den thieriſchen Körpern; ſie entſtehen in Folge der Gährung und Fäulniſs und bei den verſchiedenſten gewerblichen Arbeiten. Die freie Luft hat die wichtige Aufgabe zu erfüllen, die Gaſe von der Entſtehungsſtelle aus dahin zu führen, wo dieſelben gleichſam verbraucht werden; ſie iſt daher mit den verſchiedenſten Gaſen beladen. Vermöge der Ergieſsung der Gaſe in einander werden die an irgend einem Orte in reichlicher Menge entwickelten raſch in einem groſsen Raume vertheilt, dem gemäſs verdünnt, ſo fern nicht abſchlieſsende Wände im Wege ſind. Die Ergieſsung der Gaſe in einander ermöglicht vorwiegend den thatſächlichen Zuſtand, nach welchem die Beſtandtheile der atmoſphäriſchen Luft in verſchiedenen Erdtheilen faſt genau dieſelben ſind; nur in unmittelbarer Nähe des Entſtehungsortes der verunreinigenden Gaſe iſt eine gröſsere Menge derſelben zu finden.

Die Vertheilung, bezw. Ausbreitung des Staubes innerhalb der Luft findet nur vermöge der Wirbelbewegungen derſelben ſtatt. Der Staub iſt daher mehr örtlicher Natur, als die oben genannten Gaſe. Staubtheile pflanzlichen Urſprunges werden jedoch vermöge ihrer Kleinheit und ihres geringen Einheitsgewichtes oft auſserordentlich weit getragen, ſo daſs man geringe Mengen derſelben auch an den ſtaubfreieſten Orten antrifft.

Was nun die Mengen der der freien Luft beigemiſchten Verunreinigungen be-

trifft, fo ift zunächft die Beimifchung des Staubes, aus angegebenen Gründen, allgemein nicht zu nennen. Unter 3 werden die Mittel zur Befeitigung des in der frifchen Luft enthaltenen Staubes befchrieben werden.

139. Kohlenfäuregehalt.

Die Beimifchung der Kohlenfäure fchwankt zwifchen $0{,}4$ bis $0{,}8$ in 1000 Gewichtstheilen der Luft. Die Kohlenfäure tritt — abgefehen vom Entwickelungsorte — namentlich nach heftigem Regen auf, indem diefer den höher gelegenen Luftfchichten einen Theil ihrer Kohlenfäure entzieht und denfelben, beim Aufprallen auf das Strafsenpflafter u. dergl., fahren läfft. Da die Luft nach einem Regen fehr gern geathmet wird, fo beeinträchtigt die Kohlenfäure allein die Güte der Luft nicht, wenigftens nicht, fo weit ihre Menge innerhalb mäfsiger Grenzen fich bewegt. Man follte defshalb nicht, wie in der Regel gefchieht, fordern, dafs der Kohlenfäuregehalt der von Menfchen zu athmenden Zimmerluft höchftens $1{,}0$ bis $1{,}6$ Gewichtstheile in 1000 Theilen betragen dürfe, fondern zweckmäfsiger: der Kohlenfäuregehalt der Luft foll durch den Stoffwechfel der Menfchen, nach Umftänden auch durch die Beleuchtungs-Einrichtungen, höchftens um $0{,}6$ bis $1{,}0$ Gewichtstheil in 1000 Theilen Luft vermehrt werden.

140. Waffergehalt.

Der Waffergehalt der freien Luft fchwankt zwifchen vollftändiger Sättigung und einem Bruchtheil derfelben innerhalb weiter Grenzen. Der Grad der Sättigung wird in Hunderteln derfelben ausgedrückt, fo dafs z. B. die Angabe, eine Luft enthalte 54 Procent Feuchtigkeit, bedeutet: es fehlen $^{46}/_{100}$ derjenigen Waffermenge, welche die Luft unter vorliegenden Umftänden überhaupt aufzunehmen vermag.

In 1 cbm Luft vermag fich nun 1 cbm Wafferdampf, deffen Temperatur gleich derjenigen der Luft ift, zu ergiefsen; die Spannung des entftehenden, 1 cbm Raum ausfüllenden Gemifches ift alsdann gleich der Summe der Spannungen der Luft und des Dampfes. Sobald, wie hier immer der Fall ift, vermöge der Poren in den Einfchliefsungsflächen das Gemifch mit der freien Luft in ungehinderter Verbindung fteht, fo kann daffelbe keine höhere Spannung annehmen, als diefe, d. h. das Gemifch dehnt fich gleichzeitig mit feiner Bildung aus.

Heifst die Atmofphärenfpannung S_1, diejenige des Dampfes S_2 und wird mit Q_1, Q_2, Q das Gewicht der Raumeinheit trockener atmofphärifcher Luft, bezw. Dampf, bezw. mit Dampf gefättigter atmofphärifcher Luft bezeichnet, fo hat die Gleichung 57 Giltigkeit, da bei Ausdehnung von Gafen fich die Gewichte der Raumeinheit gerade fo verhalten, wie die Spannungen; demnach

$$\frac{Q}{Q_1 + Q_2} = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \quad \ldots \ldots \quad 57.$$

oder

$$Q = S_1 \frac{Q_1 + Q_2}{S_1 + S_2} \quad \ldots \ldots \quad 57a.$$

Im Gewicht Q ift Luft und Dampf in demfelben Verhältnifs vorhanden, wie dies ohne die Ausdehnung der Fall gewefen fein würde, d. h. es befinden fich in jedem Cub.-Meter des Gemifches Q_l Kilogr. Luft und Q_d Kilogr. Dampf, wenn

$$Q_l = Q \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} = Q_1 S_1 \frac{Q_1 + Q_2}{S_1 + S_2} \frac{1}{Q_1 + Q_2} = Q_1 \frac{S_1}{S_1 + S_2}; \quad \ldots \quad 58.$$

$$Q_d = Q \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} = Q_2 \frac{S_1}{S_1 + S_2} \quad \ldots \ldots \quad 59.$$

Auf Grund der Gleichungen 57, 58 u. 59 find das Gewicht der Raumeinheit gefättigter Luft und die in derfelben enthaltene Luft- und Waffermenge zu berechnen, fobald S_1 und S_2, fo wie Q_1 und Q_2 bekannt find.

Die Spannung der Atmofphäre wird gewöhnlich zu $S_1 = 760$ mm Queckfilberfäule angenommen. Die Spannung S_2 des Wafferdampfes, fo wie das Gewicht Q_2 deffelben find für die hier in Frage kommenden Temperaturen in der folgenden Zufammenftellung enthalten. Das Gewicht der trockenen atmofphärifchen Luft berechnet fich, da diefelbe bei 0 Grad und 760 mm Barometerftand (oder $10\,333 = \infty\,10\,000$ kg Druck auf 1 qm) 1,293187 kg wiegt und diefelbe fich für jeden Grad der Temperaturerhöhung um $\alpha = 0{,}003665$ des Raumes ausdehnt, zu

$$Q_1 = \frac{1{,}293187}{1 + 0{,}003665\,t} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}, \qquad 60.$$

wenn t die Temperatur derfelben bezeichnet.

Die hier folgenden Zahlen find abgerundete.

Temperatur	1 cbm trockene Luft mit 0,00004 Raumtheilen Kohlenfäure wiegt	Spannung des Wafferdampfes	1 cbm gefättigter Wafferdampf wiegt	1 kg trockene Luft vermag an Wafferdampf aufzunehmen
— 20	1,396	13,8	0,8	0,6
— 15	1,368	19,5	1,3	1,0
— 10	1,342	29,2	2,1	1,6
— 5	1,317	43,7	3,2	2,4
— 2	1,303	53,7	4,1	3,1
0	1,293	62,1	4,7	3,6
+ 2	1,284	76,7	5,4	4,2
+ 4	1,274	82,5	6,2	4,9
+ 6	1,265	94,7	7,1	5,6
+ 8	1,256	108,5	8,1	6,4
+ 10	1,247	124,2	9,2	7,4
+ 12	1,239	141,7	10,4	8,4
+ 14	1,230	161,4	11,8	9,6
+ 16	1,221	183,6	13,4	11,0
+ 18	1,213	208,3	15,2	12,5
+ 20	1,205	235,9	17,0	14,1
+ 22	1,197	266,9	19,4	16,2
+ 24	1,188	301,0	21,9	18,4
+ 26	1,180	339,2	24,5	20,8
+ 28	1,173	381,4	27,2	23,2
+ 30	1,165	428,2	30,1	25,8
+ 32	1,157	480,0	33,3	28,8
+ 34	1,150	537,0	36,9	32,1
+ 36	1,142	600,1	41,1	36,0
+ 38	1,135	669,4	45,8	40,4
+ 40	1,128	746,7	50,9	45,1
+ 45	1,110	969,7	65,3	58,9
+ 50	1,093	1250	83,0	76,1
+ 55	1,076	1597	104,6	97,2
+ 60	1,060	2023	130,7	123,3
+ 65	1,044	2552	162,0	155,1
+ 70	1,029	3170	199,4	193,8
+ 75	1,014	3924	243,8	240,4
+ 80	1,000	4820	296,0	296,0
Grad C.	Kilogr.	Kilogr. für 1 qm	Gramm	

141.
Zweckmäfsigfter Feuchtigkeits-gehalt.

Was die Frage über den zweckmäfsigften Feuchtigkeitsgehalt betrifft, fo ift diefelbe keineswegs als genügend geklärt anzufehen.

Thatfache ift, dafs in wenig Feuchtigkeit enthaltender Luft die Wafferverdunftung des menfchlichen Körpers eine entfchiedenere, in feuchterer Luft dagegen eine geringere ift. Ob eine rafchere oder langfamere Verdunftung des dem Körper in Form von Speifen und Getränken zugeführten Waffers vortheilhafter ift, ift bis heute noch nicht nachgewiefen[86]). Wir wiffen dagegen, dafs eine reichlich mit Wafferdampf gefättigte Luft (Gewitterluft, diejenige fchlecht gelüfteter, ftark befetzter Verfammlungsfäle, Theater u. f. w.) für uns unbehaglich ift. Dies ift aber die Gefammtheit deffen, was wir in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft wirklich wiffen. Ift es doch noch unentfchieden, ob der Sättigungsgrad der Luft, d. h. das Verhältnifs derjenigen Wafferdampfmenge, welche diefelbe bei der betreffenden Temperatur überhaupt aufzunehmen vermag, zur vorhandenen Wafferdampfmenge bei Beurtheilung der Frage nach der Zuträglichkeit der Luft eine durchfchlagende Rolle fpielt oder nicht[87]). Verfchiedene hierauf fich beziehende Anfchauungen findet man in der unten genannten Quelle[88]) zufammengeftellt; welche derfelben richtig ift, mufs die Gefundheitslehre entfcheiden. Der Techniker mufs fich einftweilen dabei beruhigen, dafs der zweckmäfsigfte Feuchtigkeitszuftand zwifchen 25 und 75 Procent der vollen Sättigung liegt.

β) Gröfse des Luftwechfels.

142.
Ermittelung d. erforderl. Luftwechfels.

Wenn feft geftellt ift, welcher Kohlenfäuregehalt zugelaffen werden foll und welche Kohlenfäuremengen in dem betreffenden Raume entwickelt werden, fo kann man auf folgendem Wege rechnungsmäfsig den erforderlichen Luftwechfel beftimmen.

Es fei:

L die Luftmenge (in Cub.-Met.), welche ftündlich aus dem Freien zugeführt werden mufs,

J der Inhalt des in Frage ftehenden Raumes (in Cub.-Met.),

Z die Zeit (in Stunden), und zwar Z_1 die Zeit des Anfanges, Z_2 diejenige des Endes des in Frage kommenden Vorganges,

σ der Kohlenfäuregehalt der Luft, und zwar σ_1 und σ_2 derjenige zu Anfang, bezw. am Ende des Vorganges im Raume vorhandene, σ_0 derjenige der freien Luft,

C die Kohlenfäuremenge (in Cub.-Met.), welche ftündlich im Raume entwickelt wird.

Es ift alsdann die Aenderung des Kohlenfäuregehaltes in der Zeit dZ gleich $d\sigma$, und die Zu- oder Abnahme der Kohlenfäuremenge gleich $J \,.\, d\sigma$. Sie wird hervorgebracht durch die Entwickelung, bezw. Zufuhr von $L\sigma_0 \,.\, dZ + C \,.\, dZ$ Cub.-Meter und die Abfuhr von $L \,.\, dZ + C \,.\, dZ$ Cub.-Meter Luft, welche enthält $\sigma (L + C)\, dZ$ Cub.-Meter Kohlenfäure.

86) *Lafius* erwähnt in feinem lefenswerthen Schriftchen: »Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung«, dafs in dem namentlich für Lungenkranke heilfamen Luftkurort Davos der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur 25 Procent betrage, und dafs in feinem Haufe, deffen Luft während des Winters felten mehr als 35 Procent Feuchtigkeit enthielt, fich eine kranke Dame wohler fühlt, »als in der früher geathmeten feuchteren Luft«.

Im Gebäude der technifchen Hochfchule zu Hannover, welches fehr ftark gelüftet wird, fo dafs — nach Angaben des *Kopp*'fchen Hygrometers — der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur gegen 24 Procent betrug, hat fich, trotz wiederholter Anregung meinerfeits, Niemand über zu trockene Luft beklagt.

87) Siehe: Zeitfchr. f. Hygiene 1886, S. 60.

88) Fischer, F. Zeitfchr. f. d. chem. Induftrie, 1887, April, S. 182 u. ff.

Sonach ift

$$\mathcal{J} d\sigma = L\sigma_0 . dZ + C . dZ - \sigma (L + C) dZ ,$$

und

$$\mathcal{J} d\sigma = - [\sigma (L + C) - L\sigma_0 - C] dZ \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 61.$$

$$\int_{\sigma_2}^{\sigma_1} \frac{d\sigma}{\sigma (L + C) - L\sigma_0 - C} = - \int_{Z_2}^{Z_1} \frac{dZ}{\mathcal{J}} , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 62.$$

woraus

$$Z_2 - Z_1 = \frac{1}{L+C} \left[\text{log. nat.} \{ \sigma_1 (L+C) - L\sigma_0 - C \} - \text{log. nat.} \{ \sigma_2 (L+C) - L\sigma_0 - C \} \right] \mathcal{J};$$

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{J} \frac{1}{L+C} \text{log. nat.} \frac{\sigma_1 (L+C) - L\sigma_0 - C}{\sigma_2 (L+C) - L\sigma_0 - C} \text{ (Formel von } \textit{Seidel}) \quad . \quad . \quad . \quad 63.$$

Diefelbe läfft fich ohne Weiteres zur Beftimmung von $Z_2 - Z_1$, bezw. L benutzen, wenn $C = 0$ ift, wenn alfo keine Kohlenfäure entwickelt, mit anderen Worten, der betreffende Raum nicht benutzt, aber doch gelüftet wird. Es ift fodann

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{J} \frac{1}{L} \text{ log. nat. } \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0} , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 64.$$

d. h. man findet die Anzahl Stunden, innerhalb welcher bei Anwendung einer Lüftungsmenge L der Kohlenfäuregehalt von σ_1 zu σ_2 verändert wird. Eben fo erhält man die Luftmenge L, welche in einer beftimmten Zeit $Z_2 - Z_1$ die entfprechende Wirkung hervorbringt, zu

$$L = \frac{\mathcal{J}}{Z_2 - Z_1} \text{ log. nat. } \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 65.$$

Die obige allgemeine Formel läfft fich vereinfachen und damit bequemer lösbar machen, wenn man berückfichtigt, dafs C als Summand gegenüber L verfchwindet und dafs der Logarithmus immer eine kleine Gröfse haben wird, in

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{J} \frac{1}{L} \, 2 \, \frac{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C - \sigma_2 L + \sigma_0 L + C}{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C + \sigma_2 L - \sigma_0 L - C} ,$$

$$Z_2 - Z_1 = 2 \frac{\mathcal{J}}{L} \frac{L (\sigma_1 - \sigma_2)}{(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\sigma_0) L - 2C} ,$$

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{J} \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0 \right) L - C} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 66.$$

und

$$\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0 \right) L - C = \frac{\mathcal{J}}{Z_2 - Z_1} (\sigma_1 - \sigma_2) ,$$

fonach

$$L = \frac{\frac{\mathcal{J}}{Z_2 - Z_1} (\sigma_1 - \sigma_2) + C}{\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0} \text{ (Formel von } \textit{Kohlraufch}) \quad . \quad . \quad . \quad 67.$$

Für den befonderen, aber meiftens vorliegenden Fall, dafs der Kohlenfäuregehalt der Luft im gelüfteten Raume unverändert bleiben, fonach $\sigma_1 = \sigma_2 =$ kurzweg σ fein foll, vereinfacht fich die Formel in

$$L = \frac{\frac{\mathcal{J}}{Z_2 - Z_1} \, 0 + C}{\sigma - \sigma_0}$$

oder

$$L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 68.$$

Denfelben Ausdruck gewinnt man auf geradem Wege, indem man bedenkt, dafs im Beharrungszuftande der Kohlenfäuregehalt σ gleich fein mufs der zugeführten Kohlenfäuremenge, getheilt durch die zugeführte Luftmenge, oder

$$\sigma = \frac{L \sigma_0 + C}{L} \text{ oder, wie oben, } L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0}.$$

Die Gröfse $\mathfrak{J}$, alfo der Rauminhalt des zu lüftenden Raumes ift hiernach ohne Einflufs auf die erforderliche Luftmenge, fobald der Beharrungszuftand eingetreten ift. Bezeichnet man mit $\mathfrak{L}$ die ftündlich erforderliche Luftmenge (in Kilogr.), mit A die ftündlich im Raume frei werdende Kohlenfäuremenge (in Kilogr.) und mit η, bezw. η_0, η_1, η_2 den Kohlenfäuregehalt der Luft (dem Gewichte nach), endlich mit γ das Gewicht von 1 cbm Luft des Raumes $\mathfrak{J}$ (in Kilogr.), fo werden die Formeln 63, 64, 65, 67 u. 68 zu den anderen:

$$Z_2 - Z_1 = \frac{\gamma \mathfrak{J}}{\mathfrak{L} + A} \log. \text{nat.} \frac{\eta_1 (\mathfrak{L} + A) - \mathfrak{L} \eta_0 - A}{\eta_2 (\mathfrak{L} + A) - \mathfrak{L} \eta_0 - A} \quad . \quad . \quad . \quad 63a.$$

$$Z_2 - Z_1 = \gamma \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{L}} \log. \text{nat.} \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 64a.$$

$$\mathfrak{L} = \gamma \frac{\mathfrak{J}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{nat.} \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 65a.$$

$$\mathfrak{L} = \frac{\gamma \frac{\mathfrak{J}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + A}{\frac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 67a.$$

$$\mathfrak{L} = \frac{A}{\eta - \eta_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 68a.$$

Man hat geglaubt, auf Grund diefer Formeln den thatfächlich ftattfindenden Luftwechfel meffen zu können, indem man z. B. die beobachteten z_2, z_1, σ_0, σ_1, σ_2 und C, bezw. η_0, η_1, η_2 und A in die Formeln 67, bezw. 67a einfetzte. Diefe Meinung ift jedoch nur in befchränktem Mafse richtig, indem die Einfchliefsungsflächen der von Menfchen benutzten Räume nicht dicht find, in Folge weffen fich gröfsere oder geringere Mengen der verfchiedenen Gafe, je nach ihrer Art und ihrem Auftreten, in den Poren der Wandflächen verdichten. Die Formeln 65, 65a, 67, 67a laffen fich dagegen verwenden, um annähernd die Luftmengen zu beftimmen, welche zur Verdünnung der Verunreinigungen erforderlich find, fo fern während der Benutzung des Raumes nicht gelüftet werden foll, was gerechtfertigt fein kann, fobald der betreffende Raum nur zeitweife, und dann nur für kurze Dauer, Menfchen aufzunehmen hat, bezw. andere luftverunreinigende Vorgänge in demfelben ftattfinden. Ein folches Verfahren des Lüftens ift um fo mehr in einzelnen Fällen verftändig, als, wie bereits erwähnt, in den Wänden, in den Möbeln etc. fich erhebliche Mengen verunreinigender, übel riechender Gafe zu verdichten vermögen, die nachträglich durch frifche Luft gleichfam ausgefpült werden, gleich wie die Kleider einen frifcheren, reineren Geruch erhalten, wenn man mit denfelben in freier Luft fich bewegt.

143. Beftimmung der zuzuführenden Luftmenge.

In der Regel wird man Formel 68, bezw. 68a zur Beftimmung der zuzuführenden Luftmengen benutzen. Soll z. B. die Zunahme des Kohlenfäuregehaltes (vergl. Art. 132, S. 127) höchftens 0,6 Gewichtstheile auf 1000 Theile Luft betragen, fonach $\eta - \eta_0 = \frac{0{,}6}{1000}$ fein, fo wird für einen erwachfenen Menfchen, da derfelbe (vergl. Art. 127, S. 125) im Durchfchnitt ftündlich 40 g = 0,04 kg Kohlenfäure entwickelt, eine Luftmenge

$$\mathfrak{L} = \frac{0{,}04}{\frac{0{,}6}{1000}} = 66{,}6 \text{ Kilogr.}$$

oder, bei einer Temperatur von 20 Grad, fo dafs 1 cbm Luft 1,2 kg wiegt,

$$L = \frac{66,6}{1,2} = 55,5 \text{ Cub.-Met.}$$

erforderlich.

In Anbetracht jedoch, dafs der Kohlenfäuregehalt lediglich ein Mafsftab fein foll für die Verunreinigungen, welche die Luft enthält, in Erwägung, dafs diefer Mafsftab nur unter gleichen Umftänden in geradem Verhältniffe zu den eigentlich verunreinigenden Gafen fteht, dürfte es zweckmäfsig fein, die Luftmengen für jede einzelne Perfon, bezw. andere Quelle der Luftverunreinigung anzunehmen, die vorhin angeführte Rechnung alfo zu unterlaffen, diefelbe vielmehr nur in fo weit zu verwenden, als die vier Formeln 65, 65a, 67 und 67a hierzu in bereits erwähnter Weife Veranlaffung geben.

Ein folches Verfahren ift eben fo genau, als das auf die Formeln 68, bezw. 68a begründete, da es die Berückfichtigung der Umftände, unter welchen die Gasausfcheidungs-Quellen auftreten, in eben demfelben Mafse geftattet; es ift aber weit überfichtlicher und führt defshalb rafcher zum Ziele. Man wird, aus fchon angedeuteten Gründen, gröfsere Luftmengen durch einen Raum ftrömen laffen, wenn derfelbe dauernd, namentlich wenn derfelbe Tag und Nacht benutzt wird, geringere dagegen — fo fern man ununterbrochen lüftet, bezw. die Fenfter öffnet, fobald der Raum nicht benutzt wird — bei kürzerer Dauer der Benutzung.

Da die uns unbekannten Gafe und Dünfte am unheimlichften erfcheinen, diefelben am wenigften Vertrauen verdienen, fobald fie von einem Kranken ausgeftofsen find, fo ift den Krankenzimmern ein befonders ftarker Luftwechfel zuzumeffen; handelt es fich um Fieberkranke oder folche, die mit eiternden Wunden behaftet find, fo tritt noch die Erwägung hinzu, dafs von jeder Perfon überhaupt gröfsere Mengen gefährlicher oder doch unangenehmer Gafe frei werden. Auf der anderen Seite ift zu beachten, dafs durch Wachfen der Luftgefchwindigkeit die fchädlichen Einflüffe des »Zuges« wachfen. Unter denfelben Umftänden wird aber die Luftgefchwindigkeit um fo gröfser fein, je kleiner die für jeden Kopf vorhandene Grundfläche des betreffenden Raumes ift; fonach ift für jede Perfon ftark befetzter Räume eine geringere Luftmenge zu rechnen, als für jede Perfon in weniger angefüllten Räumen.

144. Erforderl. Luftmenge.

Auf Grund der angedeuteten Erwägungen und der Angaben Anderer habe ich folgende Tabelle (unter *F.*) zufammengeftellt, welche die ftündlich erforderliche Luftmenge nennt. Für in diefer Tabelle nicht genannte Fälle (wie z. B. für Wohnräume u. f. w.) wird man, unter Berückfichtigung der fie begleitenden Umftände, ohne Schwierigkeit auf Grund der früheren Erörterungen und der Tabelle zutreffende Zahlenwerthe gewinnen können. Unter *Pr.* find diejenigen Luftmengen angeführt, welche laut Erlafs des preufsifchen Minifters der öffentlichen Arbeiten vom 7. Mai 1884 für die Bauwerke des preufsifchen Staates vorgefchrieben find.

Benennung der Quellen.	Stündlich erforderliche Luftmenge $\mathfrak{L}$. *F.*	Stündlich erforderliche Luftmenge $\mathfrak{L}$. *Pr.*
Für jeden gewöhnlichen Kranken	60 bis 80	103
» » Verwundeten oder jede Wöchnerin	80 » 120	103
» » Kranken bei Epidemien	120 » 180	
» » Gefangenen	25 » 50	26 bis 39
» » Kopf in Werkftätten, Cafernen, Schaufpielhäufern, Verfammlungsräumen, Hörfälen	25 » 50	26
» » Schüler oder jede Schülerin der höheren Claffen	20 » 40	13 bis 26
» » jüngeren Schüler oder jede jüngere Schülerin	15 » 30	13 bis 26
» » Reifenden im Eifenbahnwagen	20 » 40	—
» » ftündlich 100 l Gas verbrauchenden Gasbrenner	5 » 10	—
	Kilogramm.	

In manchen Fällen ist übrigens die Lüftungsmenge nach der abzuführenden Wärmemenge zu bemessen. Wenn ein erwachsener Mensch ausser den zur Verdunstung gebrauchten noch 100 Wärmeeinheiten (siehe Art. 99, S. 95) abgiebt und nicht in der Lage ist, durch Wärmestrahlung einen Theil dieser Wärme nach aussen zu führen (z. B. in gut besetzten Versammlungssälen u. dergl.), so muss die ihn umgebende Luft sie aufnehmen. Dies ist nur in der Weise möglich, dass die Luft den Körper des Menschen bespült und hierbei eine gewisse Temperaturzunahme erfährt. Lässt man z. B. eine Temperaturzunahme von 8 Grad zu, so vermag jedes Kilogramm Luft (nach Art. 124, S. 121)

$$8 \cdot 0{,}238 = 1{,}904 \text{ Wärmeeinheiten}$$

aufzunehmen, d. h. man muss, lediglich in Rücksicht auf die Entwärmung des Menschen, ihm stündlich 52,6 kg Luft zuführen. 8 Grad Temperaturunterschied bedeutet aber, dass, wenn die höchste Temperatur z. B. 22 Grad nicht überschreiten soll, die Anfangs-Temperatur 14 Grad sein muss. Diese Temperaturgrenzen kommen unmittelbar an der Körperoberfläche zur Geltung, wenn man den eng zusammenstehenden, bezw. sitzenden Menschen die kühlere Luft von unten zuführt und die wärmere nach oben abströmen lässt, weil bei diesem Verfahren Nebenströmungen ausgeschlossen sind. Können dagegen, wie bei anderen Luftzuführungsarten, bezw. bei weniger starker Füllung des betreffenden Raumes Nebenströmungen eintreten, so findet der Austausch der Wärme unter deren Vermittelung statt, so dass die Menge der den Körper berührenden Luft viel grösser, also der Temperatur-Unterschied der Luft dem entsprechend kleiner wird.

γ) Einfluss der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

145. Wasserdampfgehalt.

Indem man die in Rede stehenden Luftmengen durch den betreffenden Raum führt, beeinflusst man nicht allein den Kohlensäuregehalt, so wie den Gehalt an solchen Gasen, welche sich mit der Kohlensäure in gleichem Masse entwickeln sollen, sondern auch den Gehalt an Wasserdampf. Man kann zur Verfolgung des betreffenden Vorganges die Formeln 64a, 65a, 67a u. 68a benutzen, wenn bedacht wird, dass der Dampfgehalt niemals grösser werden kann, als der Sättigung entspricht (vergl. Art. 140, S. 132) und dass die die Luft sättigende Dampfmenge mit der Temperatur sich ändert.

Nach Früherem (Art. 129, S. 126) wird der Zimmerluft von den Gasflammen und von den im Zimmer sich aufhaltenden Menschen fortwährend Wasserdampf zugeführt.

Es heisse das Gewicht des Wasserdampfes, welches auf diesem Wege stündlich geliefert wird, w (in Kilogr.) und bezeichne η_0, η_1 und η_2 für den vorliegenden Zweck den Gehalt der Luft an Wasserdampf, bezw. der freien Luft, der eingeschlossenen Luft zur Zeit Z_1 und derselben zur Zeit Z_2; alsdann entsteht unter dem gemachten Vorbehalt, dass die Luft nie übersättigt werden kann, ohne Weiteres

$$Z_2 - Z_1 = \gamma \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{L}} \log.\ \text{nat.} \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \qquad 64\text{b.}$$

$$\mathfrak{L} = \gamma \frac{\mathfrak{J}}{Z_2 - Z_1} \log.\ \text{nat.} \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \qquad 65\text{b.}$$

$$\mathfrak{L} = \frac{\gamma \frac{\mathfrak{J}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + w}{\frac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0}, \qquad 67\text{b.}$$

$$\mathfrak{L} = \frac{w}{\eta - \eta_0}, \quad \ldots \quad 68b.$$

aus welchen Gleichungen die Zuftandsänderung des Waffergehaltes abgeleitet werden kann.

Für den Beharrungszuftand entfteht aus 68b

$$\eta = \frac{w}{\mathfrak{L}} + \eta_0, \quad \ldots \quad 69.$$

ein Ausdruck, welcher befagt, dafs der Dampfgehalt der Luft im gefchloffenen Raume gleich ift demjenigen der zugeführten frifchen Luft, vermehrt um denjenigen Theil des in diefem Raume entwickelten Wafferdampfes, der auf jedes Kilogramm der zugeführten frifchen Luft entfällt. Der Satz ift ohne Schwierigkeit auch unmittelbar abzuleiten.

Beifpielsweife fei die —20 Grad zeigende Luft des Freien mit 70 Procent der Sättigung gefeuchtet. Im gefchloffenen Raume herrfche die Temperatur +20 Grad; $\mathfrak{L}$ fei für jede Perfon zu 40 kg beftimmt, während jede Perfon 100 g Waffer verdunftet. Es ift alsdann

$$w = 0{,}1\,, \quad \mathfrak{L} = 40\,, \quad \eta_0 = 0{,}0004\,; \quad \text{fonach } \eta = 0{,}0029 \text{ kg}\,.$$

Die Luft von +20 Grad vermag 0,014 kg Wafferdampf zu enthalten; folglich ift die vorliegende nur mit etwa 20 Procent ihrer Sättigung mit Wafferdampf behaftet. Bei 0 Grad Temperatur des Freien und im Uebrigen gleichen Verhältniffen würde der entftehende Zuftand fchon innerhalb der oben angegebenen Grenzen fallen, indem der Feuchtigkeitsgehalt der Luft 43 Procent würde.

146.
Schwitzen der Wände u. f. w.

Im Allgemeinen nimmt fomit der Procentfatz der Feuchtigkeit der eingefchloffenen Luft um fo mehr ab, je niedriger die Temperatur des Freien gegenüber derjenigen des gefchloffenen Raumes ift. Sobald jedoch die Temperaturen nahezu gleich find, fo mufs nothwendiger Weife die eingefchloffene Luft, in welcher Menfchen fich befinden, feuchter fein, als die freie Luft. Wenn gar die Temperatur des Zimmers eine niedrigere ift, als diejenige der frifchen Luft, fo tritt bald ein hoher Feuchtigkeitsgrad ein, welcher nicht felten nahezu die volle Sättigung erreicht, ja zur Ausfcheidung von Waffer führt. Es entfteht, wenn Flächen vorhanden find, die eine geringere Temperatur haben, als diejenige der Luft ift, auf diefen der fog. Schweifs, welchen man in ungeheizten, mit geheizten und ftark bevölkerten Räumen in Verbindung ftehenden Zimmern fo häufig beobachtet und der als »Feuchtigkeit der Wände« einer mangelhaften Bauweife in die Schuhe gefchoben wird. Fehlt es an derartigen kälteren Wänden, fo fcheidet fich der Wafferdampf in Nebelform aus.

147.
Be- und Entfeuchten der Luft.

Im Winter dienen die Fenfterflächen meift als Lufttrockner; im Sommer mufs man befondere Lufttrockner aufftellen, wenn man in ftark befetzten Räumen nicht eine höhere Temperatur, als diejenige der freien Luft zulaffen will. Genau genommen follte man den Feuchtigkeitsgehalt der Luft regelmäfsig beobachten und hiernach Vorrichtungen regeln, welche die Be- oder Entfeuchtung der Luft zu bewirken haben. Dies ift vielfach verfucht worden; im Folgenden mögen einige der hierher gehörenden Einrichtungen befprochen werden.

δ) Mittel zum Befeuchten der Luft.

148.
Befeuchten der Luft.

Sehr entfchieden wirken die Einrichtungen, welche eigentlich zum Wafchen der Luft, behuf Entfernung des Staubes, angewendet werden. Diefelben werden weiter unten (unter 3) befchrieben werden; es fei hier nur bemerkt, dafs durch diefes Anfeuchtungsverfahren eine annähernde Sättigung der Luft erfolgt.

Offene, mit Waffer gefüllte Schalen ftellt man häufig in den Heizkammern, in den Mündungen der Luft-Zuleitungs-Canäle und auch in den Zimmern auf. Erftere

Anordnung hat den Vortheil, dafs verhältnifsmäfsig kleine Wafferflächen eine reichliche Verdunftung zu vermitteln vermögen, indem das Waffer durch den Heizkörper erwärmt wird und mit der waffergierigften Luft in Berührung kommt. In den Mündungen der Luft-Zuleitungs-Canäle aufgeftellte Schalen vermögen auch reichliche Waffermengen zu verdunften, indem — fo lange eine Anfeuchtung überhaupt nothwendig wird — die über dem Waffer hinweg ftreichende Luft wärmer, alfo verhältnifsmäfsig trockener ift, als die Zimmerluft. Im Zimmer felbft angebrachte Wafferflächen müffen fehr umfangreich fein, um eine nennenswerthe Verdunftung zu veranlaffen.

149.
Regelung der Luftanfeuchtung.

Eine Regel über die zweckmäfsige Gröfse folcher Schalen ift nicht bekannt; thatfächlich erhalten fie von den verfchiedenen Erbauern nicht allein an fich, fondern namentlich auch in fo fern äufserft verfchiedene Ausdehnungen, als ihr Raum in Frage kommt, fo dafs es z. Z. unmöglich fein dürfte, auch nur annähernd zutreffende Angaben zu machen. Es dürfte diefe Thatfache theilweife dem Umftande zuzufchreiben fein, dafs über die nützlichfte Feuchtigkeit erhebliche Meinungsverfchiedenheiten vorliegen, theils dem anderen, dafs die Feuchtigkeitsabgabe der Menfchen einen beherrfchenden Einflufs auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft hat, fo dafs einerfeits dem Techniker die Aufgabe, einen beftimmten Feuchtigkeitsgehalt zu fchaffen, fehr felten wird, andererfeits aber auch die Löfung einer folchen aufserordentlich erfchwert wird. Ich gedenke weiter unten (bei Erörterung der Heizungs- und Lüftungs-Anlagen) hierauf zurückzukommen.

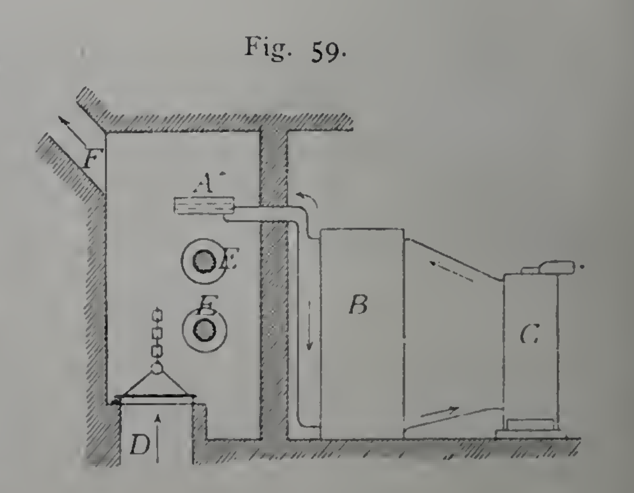
Zur Zeit beftimmt man die Gröfse der Anfeuchtungs-Einrichtungen nach willkürlicher Schätzung, forgt höchftens für deren Regelbarkeit und behält fich im Uebrigen vor, erforderlichenfalls durch Erweiterungen nachzuhelfen; weifs man doch, dafs kaum jemals nach Ablauf des erften Betriebsjahres Werth auf die Luftanfeuchtungs-Vorrichtungen gelegt wird. Im erften Betriebsjahre ift aber der Feuchtigkeitsgehalt der neuen Mauern meiftens von folchem Einflufs, dafs man über mangelnde Feuchtigkeit nicht zu klagen pflegt.

150.
Luftanfeuchtungs-Einrichtungen.

Im Jahre 1876 ftellte die »Anonyme Gefellfchaft für Metallfabrikation zu St. Petersburg« in Brüffel eine Anordnung (in Abbildung) aus[89]), welche durch Fig. 59 ihrem Grundgedanken nach wiedergegeben ift.

Es bezeichnet *A* die flache, theilweife mit Waffer gefüllte Schale, die über den Heizröhren *E*, *E* aufgeftellt ift. Letztere haben nur den Zweck, die frifche, durch *D* zugeführte, durch *F* zum betreffenden Raume gelangende frifche Luft zu erwärmen. *C* bezeichnet einen aufrechten Keffel zum Erwärmen des Waffers, welches zunächft in den Behälter *B* und dann zur Schale *A* fteigt; das kältere Waffer aus diefer finkt in gleichem Mafse nach *B* und *C*, um hier erwärmt zu werden. Man ift fomit im Stande, das Waffer der Schale *A* auf eine beliebige Temperatur zu bringen, bezw. daffelbe (innerhalb gewiffer Grenzen) beliebig rafch verdampfen zu laffen. Der geräumige Behälter *B* dient zur Auffpeicherung der Wärme, wodurch die Ungleichheiten der Heizung in *C* ausgeglichen werden follen.

Fig. 59.



Kelling in Dresden zeigte 1877 eine Anordnung, vermöge welcher das Waffer der Ver-

[89]) Siehe: FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung gefchloffener Räume auf der internationalen Ausftellung für Gefundheitspflege und Rettungswefen in Brüffel 1876. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 17.

dunſtungsſchale ebenfalls durch beſondere Feuerung erwärmt wird. Ein kleiner, auſserhalb der Heizkammer aufgeſtellter Keſſel, der mittels Umlaufsröhren mit den Verdampfungsſchalen in Verbindung ſteht, wird durch Gas geheizt, ſo daſs die betreffende Wärmeentwickelung bequem geregelt werden kann.

Fig. 60.

Luftanfeuchtungs-Schale von *Hermann Fiſcher*.

Die Anordnung, welche Fig. 60 darſtellt, habe ich — meines Wiſſens zuerſt — ſeit 1868 häufig ausgeführt.

Die Schale *A* hat einen keilförmigen Querſchnitt; ſie ragt um ſo viel aus der Heizkammerwand *B* hervor, daſs der an einem Ausläufer der Waſſerleitung angebrachte Hahn *C* der Schale *A* das nöthige Waſſer zuzuführen vermag. Am Kopfende der Schale *A* befindet ſich eine Faſſung *D*, welche eine Glasröhre *E* zur Beobachtung des Waſſerſtandes und eine Ueberlaufröhre *F* trägt. Letztere iſt in der unten befindlichen Stopfbüchſe der Faſſung *D* verſchiebbar, ſo daſs jeder gewünſchte Waſſerſtand erzielt werden kann. Mit der Höhenlage des Waſſerſpiegels in der Schale *A* oder in mehreren mit derſelben verbundenen, eben ſo geformten Schalen ändert ſich offenbar die Verdampfung des Waſſers.

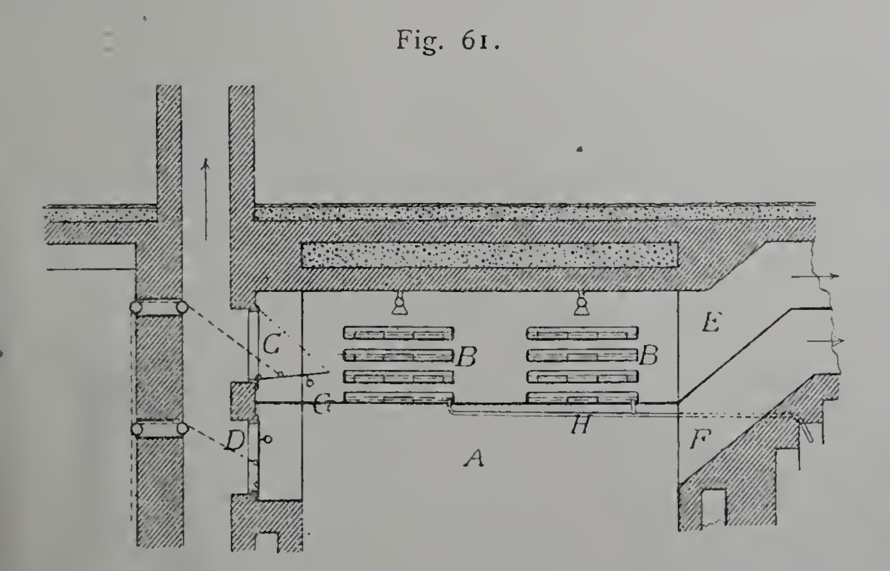
Im Jahre 1883 ſtellte *Kelling* dieſe Verdampfungsſchale in folgender, weſentlich verbeſſerter Geſtalt aus.

Derſelbe hat nämlich in die Schale — deren Winkel gröſser war, wie in Fig. 60 — eine heiſses Waſſer oder Dampf führende Röhrenſchlange gelegt, welche von dem umgebenden Waſſer mehr oder weniger hoch umſpült wurde. Angeſichts der lebhaften Wärmeabgabe der vom Waſſer unmittelbar berührten Röhrenheizflächen dürfte auf dieſem Wege eine ſehr wirkſame Regelung des Verdampfens zu erzielen ſein.

Fiſcher und Stiehl in Eſſen ſtellen ihre Verdunſtungsſchalen in einem beſonderen, über der Heizkammer befindlichen Raume auf, wie Fig. 61 erkennen läſſt.

Es iſt von der Geſammthöhe der Heizkammer *A* mittels einer wagrechten Blechwand der Raum *B* abgetrennt, in welchem die Verdunſtungsſchalen, über einander geſetzt, Platz finden. Die Verdunſtungsfläche iſt eine ſehr groſse [90]); das betreffende Waſſer ſoll nicht beſonders erwärmt werden. Die oberen Schalen erhalten das Waſſer zugeführt und ſpeiſen die unteren Schalen vermöge der ſehr weiten Ueberlaufröhren; das zu viel herangeſchaffte Waſſer flieſst durch eine Röhrenleitung *H* ab. Die Querſchnitte der erwähnten weiten Ueberlaufröhren ſind gleich der Summe der Querſchnitte der zugehörigen Luftcanäle, ſo daſs die geſammte friſche Luft durch dieſe Ueberlaufröhren zu ſtrömen vermag. Je nach der Stellung der Klappen *C* und *D*, bezw. ſolcher in den Canälen *E* und *F* vermag man hiernach ſämmtliche Luft ohne Weiteres aus der Heizkammer, alſo verhältniſsmäſsig trocken, den zugehörigen Räumen zu liefern, oder ſämmtliche Luft durch den Befeuchtungsraum ſtrömen zu laſſen, oder endlich nur einen Theil über die Waſſerflächen hinweg, den anderen unmittelbar aus der Heizkammer dem betreffenden lothrechten Canal zuzuführen. Die Regelbarkeit dieſer Einrichtung iſt offenbar eine ſehr weit gehende, aber auch eine viel Aufmerkſamkeit erfordernde.

Fig. 61.



Luftanfeuchtungs-Apparat von *Fiſcher & Stiehl* in Eſſen.

---

90) Die Conſtructeure geben an, daſs bei 46 Grad Lufttemperatur jedes Quadr.-Meter Waſſeroberfläche ſtündlich 1,4 kg Waſſer verdunſte; ich füge die Angabe hier an mit dem Bemerken, daſs die Verdunſtung, wie ſchon erwähnt, von dem Feuchtigkeitsgrade der das Waſſer beſpülenden Luft und der Temperatur des Waſſers abhängig iſt.

Daſſelbe gilt von einer anderen Anordnung der zuletzt beſprochenen Verdunſtungsſchalen [91]).

Auch durch feuchte Flächen hat man die Verdunſtung vermittelt. *Wolpert* benutzt die Haarröhrchenkraft dochtartiger Gewebe, die einerſeits in Waſſer tauchen, andererſeits ihre Flächen der zu feuchtenden Luft darbieten [92]). Die Flächen werden durch Staub ſehr bald beſchmutzt und dadurch häſslich.

Gefäſse mit poröſen Wandungen können in derſelben Abſicht verwendet werden und gewähren gleichzeitig eine gewiſſe Regelbarkeit. Fig. 62 ſtellt eine Wandöffnung dar, aus welcher die friſche Luft in das Zimmer tritt. In dieſelbe iſt eine Vaſe aus poröſem Thon geſtellt, welche verſchieden hoch mit Waſſer gefüllt wird, je nachdem man eine gröſsere oder geringere Verdunſtungsoberfläche wünſcht. Auch dieſe Wandungen werden durch Staub beſchmutzt; ſie können jedoch bequem gereinigt werden. Eine groſse Leiſtung darf man jedoch von dieſen Verdunſtungsflächen nicht erwarten, indem es unmöglich ſein dürfte, ihnen die hierfür erforderliche Ausdehnung zu geben.

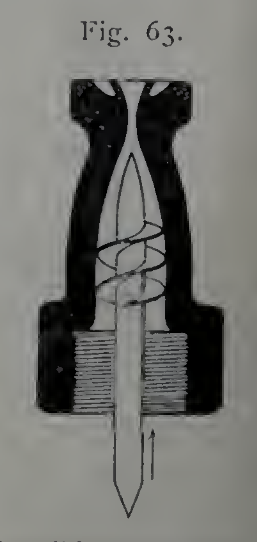
Fig. 62.

Als fernere Art der Luftbefeuchtungs-Vorrichtungen ſind diejenigen zu nennen, welche das Waſſer fein zertheilt in die Luft ſpritzen laſſen. Man verwendet zu dieſem Ende Brauſen, welche feſt ſtehen oder mit ihrer Röhre, nach Art des *Segner*'ſchen Rades, ſich drehen.

Wolpert läſſt die aus ſehr leichtem Blech angefertigten Flügel eines vor der Luft-Zuſtrömungs-Oeffnung des betreffenden Zimmers gelagerten Windrades in das Waſſer einer Schale leicht eintauchen, ſo daſs die ſich raſch drehenden Flügel das an ihnen haftende Waſſer zu zerſtreuen vermögen. Wenn auch in vielen Fällen die Geſchwindigkeit der ausſtrömenden Luft mit dem Anfeuchtungsbedürfniſs der letzteren wächst, ſo dürfte doch die durch die gröſsere Luftgeſchwindigkeit hervorgerufene raſchere Drehung der Flügel nicht im gleichen Maſse das genannte Bedürfniſs befriedigen. Uebrigens bezweiſle ich, daſs überhaupt eine genügende Befeuchtung durch das Zerſtäubungsrädchen hervorgerufen werden kann, ſobald die Befeuchtung wirkliches Bedürfniſs iſt.

Die Zerſtäubung des Waſſers gelingt nicht ſo leicht, als man anzunehmen pflegt. Die gewöhnliche Brauſe muſs mit ungemein feinen Löchern verſehen ſein, um das Waſſer ſo zu vertheilen, daſs ſich keine Tropfen bilden; ſolche feine Löcher werden aber ſehr bald von den unvermeidlichen Unreinigkeiten des Waſſers verſtopft. Man hat aus gröſseren (höchſtens 2 mm weiten) Oeffnungen das Waſſer gegen die mäſsig abgerundete Kante eines Keiles, beſſer noch gegen eine ebene Fläche geringer Abmeſſung geführt, um die Zerſtäubung eines ſolchen ſtärkeren Waſſerſtrahles zu bewirken. Allein eine Tropfenbildung wird nur dann vermieden, wenn der Waſſerdruck, die Düſenweite, die Entfernung der Düſe von der Zerſtäubungsfläche und die Gröſse der letzteren genau im Einklang ſtehen.

Fig. 63.



Streudüſe von *Gebrüder Körting* in Hannover.

Sicherer gelingt das Zerſtäuben des Waſſers mittels der Streudüſe von *Gebrüder Körting* in Hannover.

Fig. 63 giebt einen lothrechten Schnitt derſelben. In die eigentliche Düſe iſt ein Stift mit dünnwandigem Gewinde geklemmt. Beim Durchſtrömen der Gewindegänge nimmt das Waſſer eine ſo raſche kreiſende Bewegung an, daſs es als Staub die Düſe verläſſt. Unmittelbar an der Düſenmündung bilden ſich Tropfen, welche

[91]) Siehe: Deutſche Bauz. 1878, S. 29.

[92]) Siehe: Wolpert, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. 2. Aufl. Braunſchweig 1880. S. 913.

in einer die Düfenmündung einfchliefsenden Rille gefammelt und durch ein feitlich angebrachtes Loch abgeführt werden[93]).

Die Regelung diefer Zerftäubungs-Einrichtungen findet im Wefentlichen durch Ein-, bezw. Ausfchalten einiger derfelben ftatt.

Erfolgt die Luftanfeuchtung mittels Waffers, fo mufs in der Regel die Luft die zum Verdampfen deffelben erforderliche Wärme (etwa 0,6 Wärmeeinheiten für 1 g Waffer) liefern. Dies wird vielfach überfehen. Benutzt man Dampf zum Anfeuchten, fo fällt natürlich die angedeutete Schwierigkeit hinweg; es entfteht jedoch eine andere, indem nämlich frei ausftrömender Dampf felbft mäfsiger Spannung ein lebhaftes Geräufch verurfacht. Man mildert diefes Geräufch durch allmähliges Entfpannen des Dampfes, indem man z. B. die gelochte Dampfröhre vielfach mit Drahtgewebe umwickelt oder in ein Kiesbett legt.

Behufs Regelns diefes Anfeuchtungsverfahrens mufs man — da durch Droffeln des Dampfes Geräufch entftehen würde — mehrere Röhren anwenden, welche nach Bedarf abzufperren find.

Leichter regelbar ift das folgende Luftanfeuchtungsverfahren. Man feuchtet die Luft bei entfprechend niedriger Temperatur bis zur völligen Sättigung an, oder doch nahezu bis dahin, und erwärmt fie hierauf bis zur gewünfchten Temperatur.

Es fei beifpielsweife diefe Temperatur 20 Grad, die Luft foll bis zu 50 Procent der Sättigung gefeuchtet fein; dann hat fie in 1 kg 7,05 g Wafferdampf zu enthalten. Nach der Tabelle auf S. 133 enthält gefättigte Luft von 9 Grad diefe Dampfmenge, fonach mufs die Sättigung der Luft bei diefer Temperatur erfolgen, wenn diefelbe bei 20 Grad zur Hälfte der Sättigung mit Wafferdampf gefchwängert fein foll, und zwar ohne weiteren Zuflufs von Dampf. Würde dagegen für je 40 kg zugeführter frifcher Luft die Dampfentwickelung eines erwachfenen Menfchen berückfichtigt werden müffen, fo würde nach Formel 69

$$\eta_0 = \eta - \frac{w}{\mathfrak{L}}, \qquad 70.$$

alfo

$$\eta_0 = 0{,}007 - \frac{0{,}1}{40} = 0{,}007 - 0{,}0025 = 0{,}0045$$

fein. Es müffte daher jedes Kilogramm der zugeführten Luft 4,5 g Wafferdampf enthalten, oder diefelbe im gefättigten Zuftande (vergl. die Tabelle auf S. 133) + 3 Grad warm fein.

Das in Rede ftehende Verfahren ift offenbar nur dann anzuwenden, wenn die Luft zweimal erwärmt wird, nämlich einmal bis zu der Temperatur, bei welcher die Sättigung der Luft ftattfinden foll, und hierauf bis zu der Temperatur, welche man der Luft überhaupt geben will. Nach Umftänden würde eine vorherige Kühlung erforderlich fein.

ε) Mittel zum Trocknen der Luft.

151. Verwendung von Chlorcalcium u. f. w.

Faft Alle, welche über Lüftung fchreiben oder fprechen, betonen die Nothwendigkeit einer künftlichen Luftanfeuchtung; von Niemand habe ich bisher — fo weit die Lüftung folcher Räume in Frage kommt, in welchen Menfchen fich aufhalten — das viel Wichtigere: das künftliche Trocknen der Luft hervorheben hören. Da Ausführungen, welche bezwecken, die zuzuführende oder in den von Menfchen benutzten Räumen vorhandene Luft zu trocknen (gewerbliche Betriebe ausgenommen), nicht bekannt find, fo will ich mich an diefem Orte auf Andeutungen betreff der hierfür verfügbaren Mittel befchränken.

Schwefelfäure verfchluckt je nach ihrer Reinheit verfchiedene Dampfmengen; jedes Kilogramm frifch gebrannten Kalkes 1/3 kg Dampf; 1 kg kryftallifirtes Chlor-

[93]) Siehe auch: Die *Wolpert*'fche Verdunftungs-Glocke Deutfche Bauz. 1881, S. 393.

calcium nimmt bis 1 kg, fchaumiges oder calcinirtes Chlorcalcium das doppelte und gefchmolzenes Chlorcalcium das dreifache des Anfangsgewichtes an Waffer auf.

Die Schwefelfäure dürfte, weil fie der Luft beigemifchte Staubtheile pflanzlichen oder thierifchen Urfprunges zerfetzt und dadurch Geruch verurfacht, für die vorliegenden Zwecke kaum in Frage kommen. Am meiften empfiehlt fich augenfcheinlich das Chlorcalcium, und zwar das kryftallifirte, indem daffelbe, wenn es bei 129 Grad eingedampft ift, auf den von ihm getränkten Geweben rafch kryftallifirt, fo dafs diefe Gewebe dem Trocknen zu dienen vermögen. Das Chlorcalcium wird durch die aufgenommene Feuchtigkeit flüffig und tropft ab.

Es fehlt bisher jede Angabe hinfichtlich der Zeit, innerhalb welcher beftimmte Oberflächen der hier angezogenen Mittel beftimmte Luftmengen in beftimmtem Grade zu trocknen vermögen.

152. Kühlen der Luft.

Ein anderes Mittel befteht in der künftlichen Kühlung der Luft. Durch diefe wird ein Theil des Wafferdampfes ausgefchieden, fo dafs nach der folgenden Erwärmung der gewünfchte Grad der Feuchtigkeit erreicht wird. Das Berechnungsverfahren für den erforderlichen Grad der Abkühlung ift bereits auf S. 143 angegeben; die Mittel zur Abkühlung werden weiter unten (Kap. 11) befprochen.

3) Entftauben der Luft.

153. Staubgehalt der Luft.

Die Umgebung der Schöpfftellen für frifche Luft verurfacht nicht felten gröfseren Staubgehalt derfelben; aber auch die beftgelegene Schöpfftelle führt erhebliche Mengen Staub in das zu lüftende Gebäude, wefshalb an die künftliche Ausfcheidung deffelben gedacht werden mufs [94].

Es ift daher fchon lange dem Entftauben der Luft gröfsere Aufmerkfamkeit gefchenkt worden, da der Staub nicht allein läftig ift, fondern auch, als Träger irgend welcher Anfteckungsftoffe, fehr gefährlich fein kann.

Man kann nun täglich beobachten, dafs felbft bei gefchloffenen Fenftern in ungelüfteten Räumen erhebliche Staubmengen fich ablagern; wie viel mehr mufs dies gefchehen, wenn man künftlich viel Luft durch die Räume führt, in welchen fie, wegen verhältnifsmäfsiger Ruhe, einen mehr oder weniger grofsen Theil des mitgebrachten Staubes zurückläfft.

Allerdings wird man niemals gröfsere Luftmengen völlig entftauben können; felbft dichte Kleider vermögen den Staub nicht ganz vom menfchlichen Körper fern zu halten, und auf hohem Meere hat man die Luft mit Staub behaftet gefunden. Aber die verfügbaren Mittel geftatten eine folche Reinigung der Luft, dafs diefelbe als im Wefentlichen ftaubfrei bezeichnet werden kann.

154. Staubablagerungs-Kammern.

Das einfachfte und den geringften Kraftaufwand beanfpruchende Verfahren der Staubausfcheidung befteht in der Anordnung geräumiger Luftkammern, welche auch aus anderen Gründen zweckmäfsig find. Zur Verhinderung nachträglichen Aufwirbelns des niedergefallenen Staubes durch Windftöfse verfieht man den Boden der Kammern mit lothrechten oder auch geneigten Wänden, die, behufs der Entfernung des niedergefallenen Staubes, entfernbar eingerichtet werden müffen. Trotz

---

[94] Die Luft, welche den Räumen der Hochfchule in Hannover geliefert wird, entnimmt man dem wegen feines fchönen Baumbeftandes, feines geringen Verkehres und defshalb feiner ftaubfreien Luft gefchätzten Welfen-Garten. Sie wird zweimal gefiltert und läfft hierbei auf den Filtern fo erhebliche Staubmengen zurück, dafs nach 14-tägigem Betriebe kräftige — eine Betriebskraft von etwa 30 Pferdeftärken beanfpruchende — Flügelgebläfe nicht mehr im Stande waren, die Luft in genügender Menge durch die Filter zu drücken, ein Ergebnifs, welches das oben Gefagte vollftändig beftätigt.

zweckmäfsiger Anordnung folcher Staubablagerungsräume gelingt jedoch nur die Ausfcheidung der gröberen und fchwereren Staubtheile, während die Staubtheile pflanzlichen und thierifchen Urfprunges, fo wie der fo unangenehme Rufs, ihrer gröfseren Leichtigkeit wegen, faft vollftändig in der Luft zurückbleiben.

Die verhältnifsmäfsig geringe Wirkfamkeit der gewöhnlichen Staubablagerungs-Kammern ift dem Umftande zuzufchreiben, dafs jedes Staubtheilchen mit einer verhältnifsmäfsig grofsen Lufthülle umgeben ift [95]), wodurch das Einheitsgewicht jedes Staubtheilchens, einfchliefslich feiner Hülle, dem Einheitsgewichte der Luft, in welcher es fich bewegt, fich nähert. Da aufserdem die Einwirkung der Luftftrömungen auf das Staubtheilchen (welche mit dem Quadrat der Dicke zunimmt) gegenüber dem Gewichte deffelben (welches mit dem Cubus der Dicke wächst) um fo mehr fich geltend macht, je kleiner das Staubtheilchen ift, fo genügen fehr geringe Luftbewegungen zum Schwebendhalten feinen Staubes.

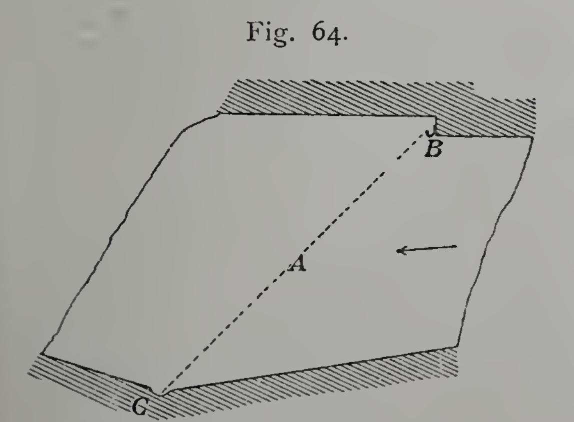
Sobald aber die umgebende Luft feucht ift, wird die Lufthülle des Staubtheilchens durch Dampf, welcher fich theilweife zu Waffer verdichtet, verdrängt; die gegen einander ftofsenden Staubtheilchen prallen nicht mehr zurück, fondern haften an einander und werden dann weniger am Niederfinken gehindert. Feuchte Luft enthält defshalb unter gleichen Umftänden viel weniger Staub, als trockene. Dies mag Manchen — unbewufft — zum Verehrer der feuchten Luft gemacht haben; dies rechtfertigt auch in vielen Fällen die im Vorhergehenden erörterte künftliche Luftanfeuchtung.

Für den hier vorliegenden Zweck treten noch die folgenden Luftanfeuchtungsmittel den unter 2, δ bereits angeführten hinzu.

155.
Wafferfchleier.

Genetzte, abgelagerte Staubtheile werden durch abfliefsendes Waffer fofort befeitigt. Man hat defshalb an geeigneter Stelle des Luft-Canales einen künftlichen Regen- oder einen fog. Wafferfchleier hervorgebracht und für entfprechenden Wafferabflufs geforgt. Das Verfahren erfordert viel Waffer und wirkt doch nicht immer völlig befriedigend.

Fig. 64.



156.
Naffe Filter.

Zweckmäfsiger erfcheint die Netzung der Filtergewebe. Man legt über das Filter *A* (Fig. 64) eine Rinne *B*, deren über dem Filter befindlicher Rand genau wagrecht ift, um das in *B* geleitete Waffer in genau gleicher Schichtdicke über denfelben fliefsen zu laffen. Das Waffer durchtränkt das Filter *A*, bläht die Fäden deffelben auf und netzt den mit der Luft ankommenden Staub, der, mit dem Waffer eine fchwarzbraune Brühe bildend, mittels der Rinne *C* abgeleitet wird. Als Uebelftände diefer Anordnung find mir von mehreren Befitzern folcher naffen Filter das rafche Faulen der Filter und die Unbequemlichkeit genannt, dafs bei kaltem Wetter das Waffer gefriert.

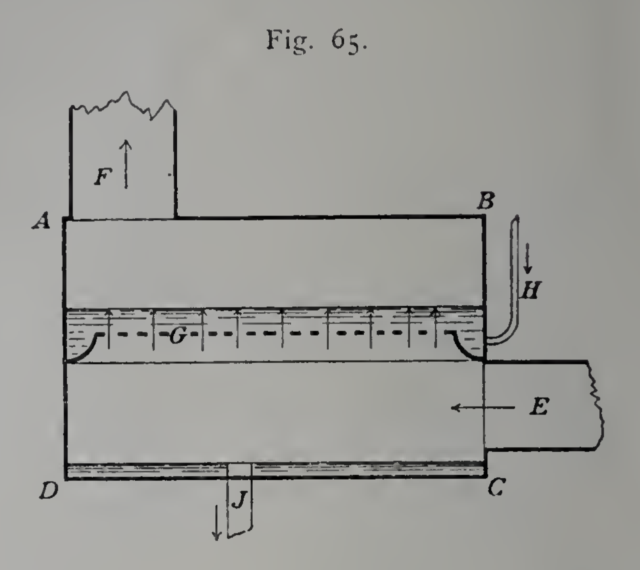
157.
Luftwafcher.

Gelegentlich der 1878-er Parifer Weltausftellung lernte ich eine von *H. Lacy* in Todmorden [96]) hergeftellte Luftanfeuchtungs-Einrichtung kennen (vergl. Art. 148 bis 150, S. 139 bis 143), die im vorliegenden Sinne verwendet werden kann.

95) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 600, 604.
96) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 331, S. 393.

Fig. 65 ftellt die wefentliche Einrichtung derfelben dar. Der Kaften *ABCD*, in welchen die zu behandelnde Luft mittels der Röhre *E* eingeführt wird, während die Röhre *F* diefelbe weiter leitet, ift durch eine durchbrochene, wagrechte Platte *G* in zwei über einander liegende Abtheilungen zerlegt. Die Röhre *H* führt Waffer in eine die Platte *G* ringsum begrenzende Rinne, und von diefer fliefst daffelbe in dicker Schicht über die Platte, durch die Oeffnungen derfelben nach unten fallend. Eine Röhre *J* führt das Waffer ab. Die von *E* heranftrömende Luft trifft zunächft den unter *G* fich bildenden Regen, dringt alsdann durch die Oeffnungen der Platte *G*, fo wie durch die über derfelben liegende Wafferfchicht und gelangt in gewafchenem Zuftande in *F* an. Wenn die über *G* liegende Wafferfchicht 5 cm beträgt — wie angegeben wird — und die Luftgefchwindigkeit keine zu grofse ift, fo dürfte die Netzung fämmtlichen Staubes gelingen. Das Gefrieren des Waffers kann hier durch vorheriges Anwärmen deffelben verhindert werden.

Fig. 65.



Vogt in Berlin hat 1879 in einer der dortigen ftädtifchen Schulen eine ähnliche Anordnung in Anwendung gebracht [97]).

Hier wird die frifche Luft mittels zweier durchlöcherter Röhren, die, in einem Keffel liegend, mit Waffer reichlich bedeckt find, durch Waffer gedrückt. Der Keffel ift eingemauert und mit Feuerung verfehen, fo dafs man feinen Inhalt nach Bedarf erwärmen, alfo das Gefrieren des Waffers verhindern kann.

Die genannten Luftwafcher find in diefer ihrer Eigenfchaft gewifs die beften z. Z. bekannten Staubabfonderer; fie find aber nicht von Mängeln frei, welche ihre Anwendung in fehr vielen Fällen unmöglich machen.

Zunächft ift in diefer Beziehung zu bedenken, dafs die Luft während des Wafchens mit Wafferdampf wenigftens nahezu gefättigt wird. Soll diefelbe trotzdem bei mittlerer Zimmer-Temperatur (+ 20 Grad) nur bis zur Hälfte ihrer Sättigung mit Dampf gefchwängert fein, fo darf fie während des Wafchens (vergl. die Tabelle auf S. 133) höchftens die Temperatur + 9 Grad befitzen, abgefehen davon, dafs, wie früher erörtert wurde, fowohl die Menfchen, als auch die Beleuchtungsmittel den Feuchtigkeitszuftand der Luft in den gelüfteten Räumen erhöhen. Unter Berückfichtigung des letzteren Umftandes dürfte es erwünfcht fein, die Luft bei etwa 0 Grad zu wafchen oder nachträglich auf 0 Grad abzukühlen, um das Uebermafs an Wafferdampf auszufcheiden. Während eines Theiles des Winters wird man wenigftens die Temperatur von 9 Grad, vielleicht eine noch niedrigere, regelmäfsig erreichen können; während des Sommers dürfte eine folche niedrige Temperatur nur durch Eiskühlung oder vorherige Verdichtung, darauf folgende Kühlung und fchliefsliche Ausdehnung der Luft zu erreichen fein.

Aehnliche Uebelftände werden durch naffe Filter herbeigeführt und auch in geringerem Grade durch die eigentlichen Befeuchtungs-Einrichtungen, wenn fie, in Hinficht auf das Entftauben der Luft, zu weiter gehender Anfeuchtung, als dem eigentlichen Bedürfnifs entfpricht, benutzt werden.

Als zweiter Nachtheil der »Wafcher« genannten Einrichtungen ift deren erheblicher Widerftand, den fie dem Hindurchftrömen der Luft entgegenfetzen, zu nennen. Derfelbe dürfte felten unter 30 mm Wafferfäule oder 30 kg auf 1 qm betragen. Nur Gebläfe find im Stande, neben den fonftigen Widerftänden — die felten zufammen-

97) Siehe: Gefundh.-Ing. 1880, S. 64 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 606.

Fig. 66.

genommen mehr als 10 kg betragen — den entſtehenden Geſammtwiderſtand zu überwinden.

Die Anwendbarkeit der Waſcher dürfte ſich daher auf wenige Fälle beſchränken.

158.
Luftfilter.

Aus loſe geſponnenem Garn gewebte Filter erfreuen ſich neuerdings gröſseren Beifalls. Ihre Wirkſamkeit iſt um ſo gröſser, je kleiner ihre Oeffnungen ſind; der Widerſtand derſelben gegen das Hindurchſtrömen wächst aber in erheblichem Maſse mit der Kleinheit der genannten Oeffnungen, ſo daſs man ſehr bald die Grenze für die zuläſſige Dichtheit des Gewebes erreicht. Die Filter verlangen eine ſehr groſse Fläche, theils wegen des anderenfalls eintretenden groſsen Widerſtandes, theils um zu verhüten, daſs die Staubtheilchen gewaltſam durch ſie hindurch gedrückt werden. Man gewinnt groſse Flächen, indem man z. B. das betreffende Gewebe in Zickzackform über Stäbe legt, wie in Fig. 66 angedeutet iſt, oder indem man das ebene Filter geneigt gegen die Axe des auſserdem an dieſer Stelle erweiterten Canales anordnet.

Fig. 67.

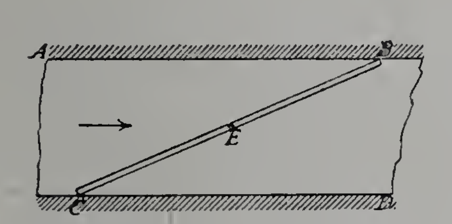


Fig. 67 iſt ein lothrechter Schnitt eines mit ſolchem Filter verſehenen Canales. *AB* und *CD*

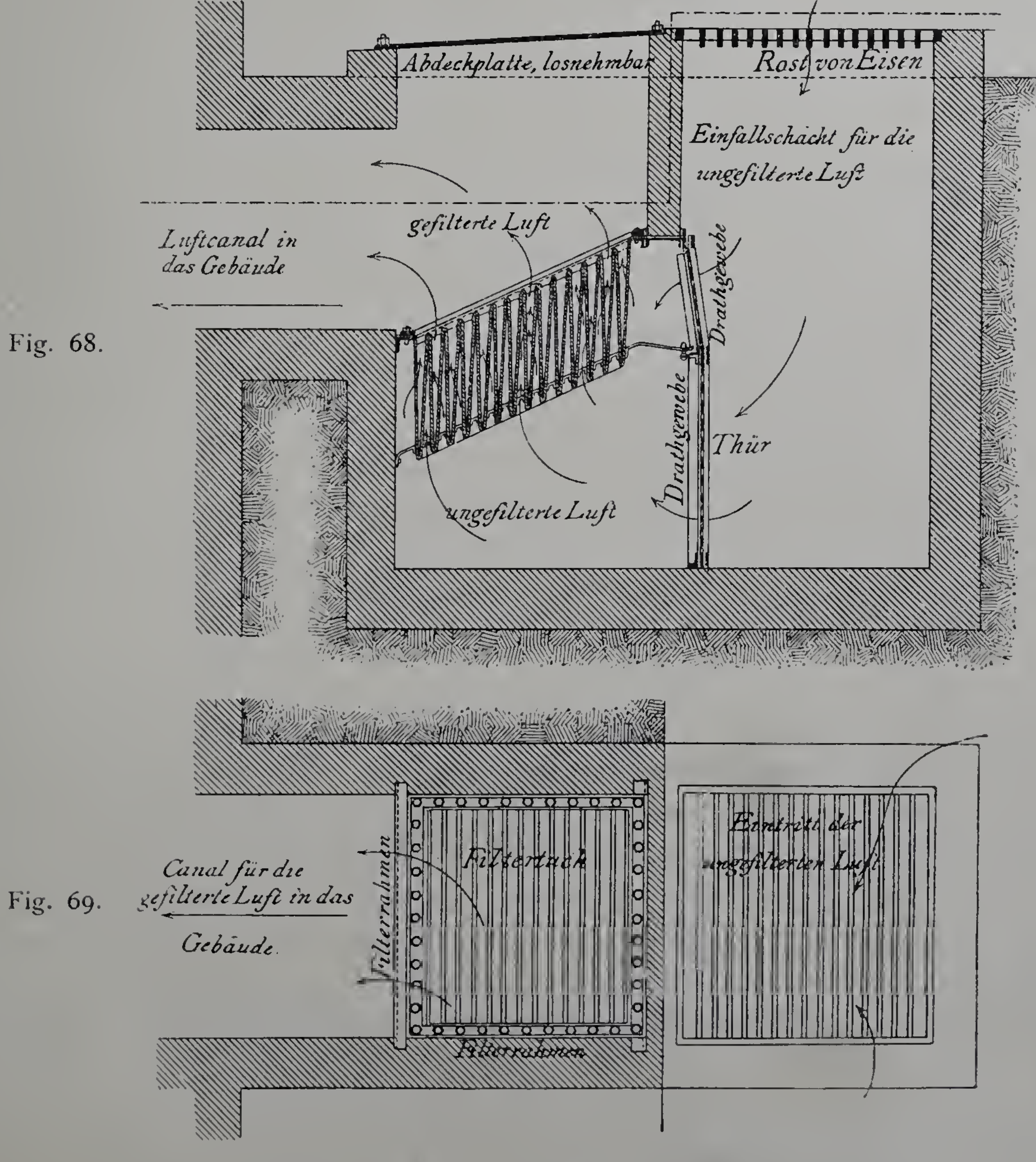


Fig. 68.

Fig. 69.

Filter von *Möller* in Brackwede bei Bielefeld.

bezeichnen die obere, bezw. die untere Canalwand, *CB* den mit Gewebe bezogenen Filterrahmen. Der letztere kann um zwei in der Höhe *E* liegende Zapfen gekippt werden, um das Hindurchfchlüpfen des den Canal und das Filter reinigenden Menfchen zu geftatten; *CE* ift länger als *EB*, wefshalb das Filter felbftthätig in feine richtige Lage zurückfällt, fobald es nicht mehr in der gekippten Lage feft gehalten wird.

Möller faltet die Filterflächen viel fchärfer, als Fig. 66 angiebt, bezw. reiht keilförmige Beutel an einander.

Fig. 68 ift ein lothrechter, Fig. 69 ein wagrechter Schnitt eines *Möller*'fchen Filters. Die unreine Luft finkt durch einen eifernen Roft nach unten, bewegt fich nach links, ein Drahtgitter durchfliefsend (welches Mäufe u. dergl. zurückhält), und fteigt dann zwifchen den einzelnen Falten empor. Nach Angabe follen die Abmeffungen der Filterrahmen betragen:

für eine Filterfläche von	5	10	20	30	40	50	60	70	80 qm
Länge und Breite des Filterrahmens	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,1 m.

In anderer Anordnung findet man das Filter in der unten verzeichneten Quelle [98]) befchrieben.

Die Gewebe-Filter halten jedoch nur diejenigen Staubtheile zurück, welche eine gewiffe Gröfse haben. Man hat zwifchen zwei Drahtgitter gut gelockerte Baumwolle gelegt und hierdurch eine vorzügliche Reinigung der Luft erzielt. Leider empfiehlt fich ein derartiges Filter feiner koftfpieligen und mühfeligen Unterhaltung halber wenig. Es ift felbftverftändlich, dafs jedes Filter von Zeit zu Zeit von den die Oeffnungen deffelben verftopfenden Staubtheilchen gereinigt werden mufs. Dies kann durch Auswafchen oder Abwafchen oder durch Abklopfen gefchehen. Zu diefem Zwecke werden die Filter wohl auf einzelne wegnehmbare, bezw. auswechfelbare Rahmen gefpannt oder in Beutelgeftalt angewendet. Beim Abklopfen, welches an fich keine angenehme Arbeit ift, dringt überdies ein Theil des Staubes tiefer in das Filter, diefes allmählig unbrauchbar machend. Die Luftfilter gewerblicher Anlagen [99]) werden defshalb häufig fo eingerichtet, dafs zeitweife ftaubfreie Luft in umgekehrter Richtung ftrömen kann, fo dafs fie die Staubtheilchen abwirft. Man läfft die Reinigung der Filter felbftthätig und fchrittweife vornehmen, fo dafs der Betrieb nicht unterbrochen zu werden braucht. Steht eine Betriebskraft zur Verfügung, fo dürften ähnliche Einrichtungen auch für die gewöhnlichen Lüftungszwecke fich empfehlen.

159.
Gröfse
der
Filter.

Ueber die erforderliche Gröfse der Filter liegt das Folgende vor.

Nach Verfuchen von *Rietfchel* [100]) wächst der Widerftand w (in Millim. Wafferfäule), den die Luft im Filter findet, etwa im geraden Verhältnifs zur Luftmenge L (in Kilogr.), welche ftündlich 1 qm Fläche durchfliefst, fo dafs

$$w = \alpha L \qquad 71.$$

gefetzt werden kann; α fchwankt zwifchen den Grenzen 0,006 und 0,050, und zwar gilt der kleinere Werth für lofe leinwandbindige Gewebe, z. B. Neffel, der gröfsere für dichten, zweibindigen Köper, welcher auf einer Seite gerauht und fchon in einigem Grade verftaubt ift. Filtertücher, welche noch dichter find, als das zuletzt angezogene, bringen einen gröfseren Widerftand hervor.

Auf die zu erzielende Reinheit ift nun — aufser der Natur der Filtertücher — die Gefchwindigkeit, mit welcher die Mafchen des Filters durchftrömt werden, von grofsem Einflufs. Einerfeits entwickelt fich unter fonft gleichen Umftänden die Staubablagerung um fo rafcher, je mehr Luft in der Zeiteinheit zur Bearbeitung

98) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 567.

99) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 566 — fo wie die Quellenangaben über Staubfilter dafelbft.

100) Siehe: Gefundh.-Ing. 1889, S. 105.

gelangt; es wird hierdurch das Filter dichter, die erzielte Reinheit vollkommener[101]); die Durchläffigkeit nimmt natürlich erheblich ab, und der zum Hindurchtreiben der Luftmenge erforderliche Druck wird gefteigert, was zur Folge hat, dafs die Staubtheilchen, welche bei geringerem Druck vom Filter zurückgehalten würden, gewaltfam durch die Mafchen des Filters getrieben werden.

Man pflegt daher für leichte, bezw. offene Filter, die überhaupt beftimmt find, nur die gröbften Staubtheile zurückzuhalten, höchftens 250 kg auf 1 qm Filterfläche und 1 Stunde zu rechnen, für dichtere Filter (gerauhten Köper, dünne Wattenlagen u. f. w.) aber höchftens 10 kg, oft aber bis herab zu 20 kg anzunehmen.

d) Verfahren des Zuführens frifcher und des Abführens verunreinigter Luft.

160.
Zug.

Bewegte Luft bewirkt einen lebhafteren Wärmeaustaufch an der Oberfläche des Körpers als ruhende, aus Gründen, welche in Art. 102 (S. 99) näher erörtert wurden. Diefer Wärmeaustaufch ift befonders fühlbar an den unbekleideten Körpertheilen und unter diefen an denjenigen Theilen, welche zeitweife bekleidet find. Das dem erwähnten Wärmeaustaufch entfprechende Gefühl wird gemeiniglich »Zug« genannt; man denkt vielleicht, dafs das Aufftofsen der Lufttheilchen diefes Gefühl erzeuge, irrt fich aber hierin, da hierdurch an fich keine unangenehme Empfindung entfteht.

Da die Entwärmung des Körpers theils durch Abgabe der Wärme an die Luft, theils durch Verdunftung erfolgt, fo fpielt die Verdunftungsfähigkeit der Körperoberfläche fowohl, als der Feuchtigkeitsgrad der fie treffenden Luft eine nicht geringe Rolle in Bezug auf die Entfchiedenheit der Empfindung, welche wir »Zug« zu nennen pflegen. Eine durch Schweifs oder auf andere Weife genetzte Hautfläche oder ein mit naffen Kleidern bedeckter Körpertheil empfindet die durch Luftbewegung entftehende Kühlung in weit unangenehmerer Weife, als eine trockene Haut oder ein in trockenen Kleidungsftücken fteckender Körpertheil. Eben fo bewirkt trockene Luft eine ftärkere Kühlung, als Luft mit höherem Feuchtigkeitsgehalt; tritt aber trockene Luft mit genetzten Hauttheilen in Berührung, und zwar unter lebhafter Bewegung, fo dafs die Wafferdämpfe nicht allein durch Ergiefsung, fondern auch durch Spülung von der betreffenden Hautfläche entfernt werden, ift endlich die Luft verhältnifsmäfsig kühl; fo findet eine fo erhebliche einfeitige Abkühlung ftatt, dafs auch weniger empfindliche Körpertheile erkranken können. Die Empfindlichkeit der Hautoberfläche ift eine fehr verfchiedene bei einer und derfelben Perfon, mehr noch bei verfchiedenen Perfonen; es ift daher nicht allgemein die Grenze feft zu ftellen, bis zu welcher die befprochene einfeitige Kühlung ftattfinden darf, ohne Krankheitserfcheinungen wach zu rufen, noch viel weniger aber diejenige Grenze, an welcher die in Rede ftehende Wärmeentziehung unangenehm wird. Die Frage des »Zuges« ift fonach eine der dunkelften auf dem Gebiete der Lüftung. Sie wird erft geklärt werden können, wenn geeignete Verfuchsperfonen in verfchiedenartigfter Weife dem »Zuge« ausgefetzt worden find und die Ergebniffe der hierbei gemachten Beobachtungen in Zahlen vorliegen.

161.
Zuläffige Luftbewegung.

Man vermag jedoch auf Grund der bisher vorliegenden Kenntnifs der der Zugwirkung zu Grunde liegenden Vorgänge einige allgemeine Gefichtspunkte aufzuftellen.

Zunächft kann die Frage in fo fern vereinfacht werden, als benetzte Hautoberflächen und naffe Kleider nicht beachtet zu werden brauchen, indem diefelben

---

[101]) Siehe: KARMARSCH, K. Handbuch der mechanifchen Technologie. 6. Aufl. v. H. FISCHER. Bd. 1. Leipzig 1888. S. 524.

innerhalb geschlossener Räume seltener vorkommen und daher, wenn sie vorkommen, besonderer Schutz angewendet werden kann.

Dann ist zu beachten, dass von unbedeckten Körperoberflächen nur der Kopf und Hals, allenfalls auch die Schultern zu berücksichtigen sind, weil die Hände im Allgemeinen genügend an Temperaturwechsel gewöhnt sind. Besonders ist daher Sorge zu tragen, dass das oberste Fünftel des menschlichen Körpers der Einwirkung stark bewegter kalter und trockener Luft nicht ausgesetzt werde.

Die bekleideten Körpertheile lassen den Zug empfinden, wenn die Geschwindigkeit der Luft gross genug ist, um grössere Luftmengen durch die Poren der Kleider zu treiben. Die Temperatur der Luft macht sich hierbei geltend, sobald sie eine entsprechend niedrige ist; der Feuchtigkeitsgrad ist von geringem Einfluss. Je dichter die Kleidungsstücke sind, um so weniger vermag man den Zug zu merken, wenngleich die betreffende Empfindung selbst bei ledernen Kleidungsstücken sich geltend macht, so fern Luftgeschwindigkeit und -Temperatur entsprechende sind, insbesondere auch Verdunstung stattfindet.

Der Zug ist auch in Räumen zu empfinden, welche ohne Lüftungs-Einrichtungen sind.

Man öffne (im Winter) die Thür zwischen einem gut geheizten und einem kalten Zimmer und stelle oder setze sich einige Zeit vor die Thüröffnung, so wird man sehr bald, je nach der Empfindlichkeit mehr oder weniger, von den Luftströmen berührt werden, welche zwischen den Zimmern einen Temperatur-Ausgleich anstreben. Man begebe sich (namentlich bei grosser Kälte) in eine geheizte Kirche, und zwar in unmittelbare Nähe der Fenster, so wird man sich von einem kalten Luftstrom übergossen fühlen. Auch die Wände anderer hoher Räume, welche nur selten geheizt werden, so dass sie durch das Heizen nicht nennenswerth erwärmt werden, bringen einen solchen kalten Luftstrom hervor.

Solche Luftströmungen veranlassen das Anbringen besonderer Vorrichtungen, welche die Geschwindigkeit der Luft zu brechen bestimmt sind. Auch zur Beurtheilung dieser würde eine genauere Kenntniss der Grenzen der zulässigen Luftbewegung erwünscht sein.

Bis zur Erlangung dieser Kenntniss wird man sich mit der allgemeinen Regel begnügen müssen: Je weiter die Temperatur der bewegten Luft unter derjenigen des Blutes ist, um so geringer muss die Luftgeschwindigkeit sein. An mir selbst gemachten Beobachtungen zufolge ist eine Luftgeschwindigkeit von 0,4 m zulässig, so lange die Temperatur der bewegten Luft von derjenigen des Zimmers nur wenig abweicht; ich bemerke jedoch hierzu sofort, dass ich selbst unter Männern empfindlichere Naturen gefunden habe.

1) Zufällige Lüftung.

162. Durchlässigkeit der Wände.

Dieselbe wird auch *spontane* Lüftung geheissen, bisweilen auch mit dem wenig zutreffenden und auch noch für andere Lüftungsverfahren gebräuchlichen Namen »natürliche« Lüftung bezeichnet.

Die Stoffe [102]), aus denen unsere Gebäude hergestellt werden, sind meistens mit kleinen Hohlräumen durchzogen, welche theilweise so im Zusammenhange stehen, dass sie fortlaufende, an den Aussenflächen mündende, allerdings unregelmässig gestaltete, enge Canäle bilden. Diese Canäle vermögen, so weit sie quer durch die Wände hindurchgehen, einen Luftaustausch zu vermitteln, indem die Luft durch sie hindurchfliesst, wenn eine bewegende Kraft vorhanden ist. Eben so sind die Undichtheiten der Fenster, Thüren u. s. w. zur Beförderung des Luftwechsels geeignet.

---

102) Vergl. Theil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«: Die Technik der wichtigeren Baustoffe.

Die immer erforderliche Kraft kann beftehen in dem Beftreben, die Spannung auszugleichen, fobald das Mifchungsverhältnifs der Luft an der einen Seite der Wand ein anderes ift, als an der entgegengefetzten Seite. Bevor jedoch eine Verfchiedenheit der Luft im Inneren eines Zimmers gegenüber der freien Luft fo erheblich wird, dafs durch diefelbe eine nennenswerthe Wirkung hervorgebracht zu werden vermag, ift diefelbe als unathembar zu bezeichnen.

163.
Spannungs-unterfchied.

Beffer wirkt die bewegende Kraft, welche vom Temperatur-Unterfchied der freien und der eingefchloffenen Luft herrührt. Die wärmere, leichtere Zimmerluft wird durch die kältere, fchwerere Aufsenluft aufwärts getrieben. Der untere Theil der Wand läfft die kalte, frifche Luft eintreten, während die Poren des Wandobertheiles der wärmeren Luft des Zimmers den Austritt gewähren. Gröfsere Temperatur-Unterfchiede können in diefer Weife recht günftig wirken; mit der Abnahme des Temperatur-Unterfchiedes fchwindet jedoch auch die bewegende Kraft, alfo auch der Luftwechfel.

164.
Temperatur-Unterfchied.

Am entfchiedenften wirkt der Wind. Bei ftarkem Winde kann der durch denfelben hervorgebrachte Druck 50 kg und mehr auf 1 qm Wandfläche betragen, fo dafs in den erwähnten Canälchen eine lebhafte Strömung entfteht, trotz der vielen Bewegungshinderniffe, welche die Wandungen der Canälchen bieten. Das Einftrömen der entfprechenden Luftmenge bringt einen Ueberdruck im Zimmer gegenüber einem angrenzenden, von der Windrichtung abliegenden Raume hervor, fo dafs die Canälchen der Scheidewand ebenfalls benutzt werden, und zwar zum Abftrömen eines Theiles der im erften Zimmer befindlichen Luft. Dadurch wird zwar der Ueberdruck in zwei Theile zerlegt; trotzdem ift der entftehende Luftwechfel, fo lange die Windgefchwindigkeit eine grofse ift, beträchtlich, wenn fonft die Umftände günftig find.

165.
Wind.

Zu der Wirkfamkeit diefes Luftwechfels ift nun zunächft erforderlich, dafs überhaupt ein entfprechend lebhafter Wind weht, ferner, dafs die Aufsenwand des zu lüftenden Zimmers vom Winde getroffen wird, endlich, dafs die Canälchen in der erforderlichen Zahl und Gröfse vorhanden find.

Zunächft darf ich hier einfchalten, dafs in feltenen Fällen diefe drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt find, fo dafs die Lüftung nur hin und wieder ftattfindet; ferner, dafs jedes Mittel fehlt, die Lüftungsmenge zu regeln, welche fonach, unbekümmert um den Bedarf, fich lediglich nach der veränderlichen Stärke und Richtung des Windes richtet. Die durch Wind hervorgebrachte Lüftung hat fomit einen geringen Werth; fie kann fogar eine fonft vorhandene künftliche Lüftung in erheblichem Mafse beeinträchtigen und macht — wenn man ihr nicht entfprechend Rechnung getragen hat — oft fogar die Beheizung von Räumen unmöglich.

Aus letzterem Grunde mufs ich hier noch einige Worte über die Luftdurchläffigkeit der Wände anfügen. Ueber die Durchläffigkeit einer Zahl von Bauftoffen liegen Verfuchsergebniffe vor [103]), welche indeffen nicht derartig find, dafs Rechnungen auf fie geftützt werden könnten, indem die Durchläffigkeit der einzelnen Stoffe zu verfchiedenartig ift.

Jedoch läfft fich aus den Verfuchsergebniffen erfehen, dafs die Durchläffigkeit im geraden Verhält-

---

103) Die Porofität der Mauern und ihre Bedeutung für die Ventilation. Baugwks.-Ztg. 1870, S. 254.
MÄRCKER. Unterfuchungen über natürliche und künftliche Ventilation, vorzüglich in Stallgebäuden, fowie über die Porofität einiger Baumaterialien. Göttingen 1871.
SCHÜRMANN. Jahresbericht der chemifchen Centralftelle für öffentliche Gefundheitspflege. 1874.
LANG, C. Ueber die Porofität einiger Baumaterialien. Zeitfchr. f. Biologie 1875, S. 313.
HAUSSOULLIER, CH. *De la perméabilité des fols et des murs confidérée au point de vue de l'hygiène et de la ventilation. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 92, 100.

nifs zur Wanddicke abnimmt, und dafs die Durchläffigkeit der einzelnen Stoffe etwa folgende Reihe [104]) bildet, wobei die durchläffigften zuerft angeführt find:

Kalktuffftein, künftlicher Stein aus zerkleinerten Schlacken und Mörtel, Fichtenholz in der Längenrichtung, Kalkmörtel, Beton, Backftein, Portland-Cement, unglafirter Klinker, Grünfandftein, gegoffener Gyps, Eichenholz; glafirter Klinker ift undurchläffig.

Von den gebräuchlichen Bekleidungsmitteln hindert Kalkanftrich den Luftdurchgang am wenigften; Oelfarbeanftrich fperrt die Luftwege zunächft nahezu ganz ab, wird aber mit zunehmendem Alter etwas durchläffig; Wafferglasanftrich foll bei einigem Alter undurchläffig fein. Tapeten hindern das Durchftrömen wefentlich durch den Kleifter, welcher fie feft hält. Sog. Ifolirungen (Afphaltanftriche, Afphaltpapier, Metallblätter u. f. w.) hindern natürlich die Luft erheblich an ihrem Austritt, bezw. verfchliefsen ihr jeden Weg. Durchnäffte Stoffe find gleichfalls mehr oder weniger undurchläffig.

166.
Zufällige Lüftung.

Wenn hierdurch noch mehr Gründe gegen ein Vertrauen auf zufällige Lüftung gefchaffen find, fo giebt diefe Zufammenftellung vor allen Dingen Winke betreff der Mittel, welche die ftörenden Einwirkungen der zufälligen Lüftung unfchädlich machen. — Die zufällige Lüftung ift fonach ausnahmslos unzuverläffig.

2) Künftliche Lüftung.

167.
Künftliche Lüftung.

Unter diefem Namen faffe ich alle diejenigen Lüftungsverfahren zufammen, bei welchen wenigftens eine gewiffe, von Zufälligkeiten unabhängige Regelbarkeit möglich ift. Man nennt diefelben auch wohl abfichtliche Lüftungen; ich vermag mich jedoch diefer Benennungsweife nicht anzufchliefsen, da eine gewiffe Abfichtlichkeit auch der zufälligen Lüftung unterzuliegen pflegt.

168.
Freilegen von Luftöffnungen.

Die einfachfte Art des künftlichen Lüftens befteht im Freilegen von Oeffnungen, durch welche Luft des Freien in den zu lüftenden Raum ein-, bezw. von diefem in das Freie auszuftrömen vermag. Als die Luftbewegung veranlaffende Kräfte find wieder der Wind und der durch Temperatur-Unterfchied veranlaffte Auftrieb zu nennen. Fehlt fowohl das Eine, als auch das Andere, fo hört die Wirkfamkeit der Lüftung auf; ift die eine oder die andere der Kräfte vorhanden, oder treten beide gleichzeitig auf, fo dienen die »künftlichen« Einrichtungen zum Abfchwächen der Wirkung, bezw. zum Unterbrechen der Lüftung.

169.
Benutzung der Fenfter

Sehr häufig fehlt zu diefem Zwecke jede befondere Einrichtung; man öffnet alsdann nach Bedarf die Fenfter des betreffenden Raumes. Solche Fenfter, welche nicht in gewöhnlicher Weife mit Flügeln verfehen find, rüftet man mit fog. Luftfcheiben aus, d. h. mit kleinen Flügeln, welche meiftens nur die Gröfse einer Fenfterfcheibe haben. Die Regelung des Luftwechfels ift eine rohe, indem man meiftens die Fenfterflügel entweder vollftändig öffnen oder fchliefsen mufs; auch ift diefes Lüftungsverfahren bei Regenwetter meiftens defshalb unbenutzbar, weil durch die Fenfteröffnungen der Regen einzufallen vermag.

Man verhütet diefe Uebelftände, indem man den oberen Theil des Fenfters um eine in der Mitte deffelben liegende wagrechte Achfe drehbar anordnet und eine feftftellbare Zugftange mit ihm fo in Verbindung bringt, dafs man dem Fenfter-

---

Schulze & Märcker. Ueber den Kohlenfäuregehalt der Stall-Luft und den Luftwechfel in Stallungen. Landwirthfchaftl. Jahrbücher 1876.

Lang, C. Ueber natürliche Ventilation und Porofität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

Baltes & Finkler. Ueber die Behinderung der Mauerventilation durch Oelanftrich des Haufes. Deutfche milit.-ärztl. Zeitfchr. 1877, S. 51.

Oertmann. Ueber die Gröfse der Mauerventilation bei Oelanftrich des Haufes. Deutfche milit.-ärztl. Zeitfchr. 1877, S. 557.

Weiss. Ueber natürliche Ventilation und die Porofität von Baumaterialien. Civiling. 1878, S. 205.

The permeability of walls as affecting ventilation. Builder, Bd. 44, S. 66.

104) Vergl. auch die Angaben über die Porofitätsgrade der Baufteine in Theil I, Bd. 1, S. 89 diefes »Handbuches«.

theile fehr verfchiedene Lagen geben kann. So lange das Fenfter genügend weit hinter die Aufsenfläche des Gebäudes zurückfpringt, ift die obere der beiden, durch Drehen des Fenftertheiles entftehenden Oeffnungen gegen das Eindringen der Regentropfen gefchützt, während die untere Oeffnung von der nach aufsen gekehrten Hälfte des Fenftertheiles überragt wird. Auch dreht man ähnliche Fenftertheile um Achfen, die an dem einen oder anderen der wagrechten Ränder fich befinden u. f. w. (Vergl. auch das in Theil III, Band 3, Heft 1 diefes »Handbuches« über »Conftruction der Fenfter« Gefagte.)

Derfelbe Gedanke hat die fog. Jaloufien entftehen laffen, welche aus zahlreichen fchmalen, um wagrechte Achfen drehbaren und feftftellbaren, aus Holz, Blech oder Glas verfertigten Platten beftehen, die fich nach Art fonftiger Jaloufie-Anordnungen über einander legen, fobald die Oeffnungen derfelben gefchloffen find. Die gläfernen Jaloufien find wegen ihres guten Ausfehens am beliebteften und nehmen meiftens den Raum einer Fenfterfcheibe ein.

Aufser derartigen Glasjaloufien find noch anderweitige Vorkehrungen in den Fenftern oder in unmittelbarer Verbindung mit denfelben angewendet worden. Betreff der Conftruction folcher Anordnungen, die naturgemäfs nur eine geringe Wirkfamkeit entfalten können, fei auf die unten ftehenden Quellen verwiefen [105]).

170. Befondere Luftöffnungen.

In höherem Mafse verdienen diejenigen Lüftungs-Einrichtungen den Namen »künftliche«, welche mit befonders geftalteten Luft-Zu- und Luft-Abfuhrwegen, fo wie eigens für ihren Zweck eingerichteten Mündungen derfelben im zu lüftenden Raume verfehen find, fo dafs diefelben mehr als die vorhin befprochenen Einrichtungen von Zufälligkeiten unabhängig machen.

Von befonderer Bedeutung ift zunächft die Art der Luft-Ein-, bezw. -Abführung, bezw. die Lage und Geftalt der Mündungen. Der Ueberfichtlichkeit halber mögen die verfchiedenen Aufgaben der Lüftungs-Anlagen einzeln behandelt werden.

171. Einführung warmer Luft.

α) Die einzuführende Luft foll wärmer fein, als diejenige des Raumes. In diefem Falle ift die Löfung der Aufgabe eine leichte. Man wird die Einführungsöffnungen fo hoch legen, dafs die hereinftrömende Luft nicht gegen die Körper der in dem betreffenden Raume fich aufhaltenden Perfonen ftofsen kann. Die warme Luft fteigt, ihres geringeren Gewichtes halber, nach oben, verbreitet fich unter der Decke und finkt von dort in dem Mafse nieder, wie unten die Zimmerluft abgeführt wird, bezw. fernere warme Luft zuftrömt. Die wagrechten Strömungen der eingeführten Luft finden fonach in dem Raume über den Köpfen der Menfchen ftatt, können alfo nicht ftören. Von dort ab finkt die Luft, den ganzen Raum ausfüllend, langfam zu Boden. Mehr Aufmerkfamkeit erheifcht die Lage und Anordnung der Abftrömungsöffnungen. Dafs diefelben möglichft nahe über dem Fufsboden liegen müffen, ift felbftverftändlich, indem fie die kältefte, alfo die auf dem Fufsboden liegende Luft abführen follen. Es mufs aber auch dafür geforgt

---

105) Knoblauch, E. Conftruction gläferner Joloufie-Fenfter. Romberg's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1858, S. 111.
Jaloufie-Fenfter aus Glas. Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 403.
Glas-Jaloufien. Deutfche Bauz. 1868, S. 270.
Sander's Ventilationseinrichtung für Zimmer. Polyt. Centralbl. 1871, S. 70. Polyt. Journ., Bd. 199, S. 248.
Flavitsky, J. *Notice fur un procédé de chauffage et de ventilation par les doubles fenêtres.* Paris 1876.
Glas-Jaloufien als Ventilationsfenfter. Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 13.
Friese, F. M. Ventilationsfenfter von A. P. de Rigel. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 114.
Belleroche. *Sur un fyftème de chauffage et de ventilation à l'aide de doubles fenêtres. Annales du génie civil* 1876, S. 460.
Window ventilation. Building news, Bd. 32, S. 103.
Neue Glas-Jalonfie. Deutfche Bauz. 1880, S. 188.

werden, dafs die am Boden liegende Luft zu den Abftrömungsöffnungen gelangen kann, ohne die Menfchen zu beläftigen. Hier fchon würde die Beantwortung der Frage von hohem Werth fein, welche Luftgefchwindigkeit angewendet werden darf, ohne das Gefühl des Zuges an den Füfsen und Beinen der Menfchen hervorzurufen. So lange es fich um eine geringere Menfchenzahl, alfo um eine kleine Lüftungsmenge handelt, fo genügt eine Oeffnung, welche in einiger Entfernung von der zunächft befindlichen Perfon angebracht wird, und eine derartige Anordnung der etwaigen Tifche und Bänke, dafs von allen Stellen des Fufsbodens die kältere Luft der Abftrömungsöffnung zuzuftrömen vermag. Bei ftarkem Luftwechfel müffen dagegen die Abluft-Oeffnungen vertheilt werden, um eine zu grofse Gefchwindigkeit in der Nähe der Perfonen zu verhüten.

172. Einführung kalter Luft von unten.

β) Die einzuführende Luft foll kälter fein, als diejenige des zu lüftenden Raumes. Die frifche Luft ift in diefem Falle fchwerer, als diejenige, welche aus dem Raume abzuführen ift. Demnach erfcheint es zunächft richtig, die erftere unten einzuführen, die letztere aber in der Nähe der Decke abzuleiten, indem alsdann die Lufttheile ihrer Temperatur entfprechend in den Gefammtftrom felbftthätig fich einreihen.

Viele Lüftungs-Anlagen, welche (aufser ihrem eigentlichen Zweck) auch die Aufgabe haben, die betreffenden Räume zu kühlen, find dem entfprechend eingerichtet. Jedoch verbietet fich in den meiften Fällen die Einführung der frifchen Luft von den Wandflächen aus, indem die nöthige Luftgefchwindigkeit in Verbindung mit der niedrigen Temperatur fehr leicht eine unangenehme Zugempfindung hervorruft. Man hat defshalb für gröfsere Räume den Fufsboden aus durchbrochenen Eifenplatten gebildet und diefe mit doppelten Teppichen bedeckt, fo dafs die Luft in unzählige, fehr dünne Strahlen zerlegt in das Zimmer gelangte, der aufwärts gerichtete Strom in diefem defshalb von vornherein den ganzen Querfchnitt des Raumes, abzüglich des von Menfchen und Möbeln beanfpruchten, ausfüllte und damit die Gefchwindigkeit der Luft auf das denkbar geringfte Mafs befchränkt wurde. Diefes Zuführungsverfahren wurde zunächft von *Reid* im Haufe des englifchen Parlaments ausgeführt und hat ferner in Theatern des Feftlandes vielfache Anwendung erfahren. Daffelbe hat fich jedoch nicht allgemein einzuführen vermocht, da trotz der genannten, weit gehenden Zerlegung des Luftftromes die Zugempfindung an Füfsen und Beinen fich in unangenehmer Weife geltend macht und aufserdem ein Aufwirbeln des Staubes unvermeidlich ift. Vielerorts find fogar die betreffenden Einrichtungen abgeändert worden.

Wenigftens von der Staubbeläftigung frei ift die zunächft von *Böhm* im Opernhaus zu Wien ausgeführte Anordnung der Luft-Zutritts- oder Zuluft-Oeffnungen. Es find diefelben unter das fefte Geftühl gelegt, fo dafs kühle Luft, fofern der Zufchauer ordnungsmäfsig fitzt, faft gar nicht beläftigt. Ich mufs aber, auf Grund eigener Erfahrung, bemerken, dafs die Zugempfindung an den Füfsen eine recht lebhafte wird, fobald man aus Bequemlichkeitsgründen diefe unter den eigenen Sitz zieht oder unter den Seffel des Vormannes fchiebt.

Die unter dem Menfchen zugeführte kühlere Luft erwärmt fich an ihm und fteigt an ihm, gemäfs der durch die allmählige Erwärmung ftattfindenden Verdünnung, empor. Sie fucht fich ohne Beihilfe den Weg am Menfchen empor und weiter zur oben befindlichen Abluft-Oeffnung. Man hat daher die Luftbewegung von unten nach oben die »natürliche« genannt. Allein fie bedingt, dafs der betreffende

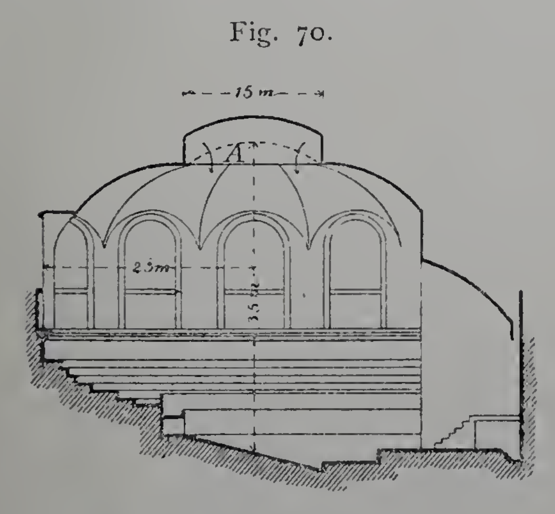
Körper fich den ganzen Temperatur-Unterfchied der Luft gefallen läfft [106]), alfo einen beträchtlichen Luftwechfel, um diefen Temperatur-Unterfchied erträglich zu machen, wodurch wieder die Vermeidung des Zuggefühls erfchwert wird.

Der Einführung kälterer Luft in den oberen Theil des zu lüftenden Raumes und der Luft-Abfuhr durch den, bezw. nahe über dem Fufsboden ftehen erhebliche Bedenken entgegen: die kalte Luft finkt, ungefchickt zugeführt, in Geftalt eines mehr oder weniger gefchloffenen Stromes nieder und beläftigt die Perfonen, welche er trifft, auf die unangenehmfte Weife; die an den menfchlichen Körpern erwärmte Luft ftrebt empor und veranlafft Nebenftrömungen, die fich anfcheinend jeder Verfolgung entziehen.

Was nun zunächft diefe Nebenftrömungen anbelangt, fo vermitteln fie zweifellos die Wärmeabgabe des menfchlichen Körpers an die umgebende Luft. In einem ungelüfteten Raume find fie es allein, denen es zu danken ift, dafs die Temperatur in nächfter Nähe des Menfchen von derjenigen in einiger Entfernung nicht erheblich abweicht. Diefe Nebenftrömungen find daher als Vorzug der Luftbewegung von oben nach unten anzufehen, indem fie den Unterfchied der Temperaturen der frifchen und der Abluft den menfchlichen Körper weniger fühlen laffen. Um fie in diefem Sinne nutzbar zu machen, mufs man allerdings durch gefchickte Anlage, bezw. Bedienung verhüten, dafs die oben zugeführte kalte Luft in gefchloffenem Strome den unten befindlichen Abluft-Oeffnungen zueilt, ohne inzwifchen ihren Zweck erfüllt zu haben. Bei nicht zu grofsem Temperatur-Unterfchied ift es möglich, die Luft-Zufuhr von oben nach unten ftattfinden zu laffen, ohne hierdurch nennenswerthe Unannehmlichkeiten für die Perfonen, welche in dem Raume fich aufhalten, hervorzurufen. Hierzu ift zunächft ein reichlicher Raum über den Köpfen der Menfchen erforderlich, um hier diejenige Zerftreuung des Stromes zu bewirken, welche eine möglichft gleichmäfsig abwärts gerichtete Gefchwindigkeit bedingt. In fehr hohen Räumen vermag man von einer Stelle aus die gefammte Luft einzuführen, indem diefe Oeffnung fo vergittert wird, dafs die Luft in vielen dünnen, aus einander gehenden Strahlen in den Raum gelangt. Im Feftfaale des Trocadéro-Palaftes zu Paris findet die Luft-Einführung in diefer Weife ftatt [107]).

Der im Wefentlichen runde Saal, deffen Kuppel an die Sparren des Daches gehängt ift, hat etwa 50 m Durchmeffer. In der Mitte der Kuppel befindet fich eine kleinere Kuppel *A* (Fig. 70) von etwa 15 m Durchmeffer, über welche die frifche Luft geführt und durch deren zahlreiche Oeffnungen diefelbe in den Saal gelangt. Damit die kältere frifche Luft nicht geraden Weges nach unten fliefst, hat man die Abzugsöffnungen, von denen gegen 15 000 vorhanden fein dürften, über den ganzen Saal vertheilt. Im Parquet ift die Anordnung der Abluft-Oeffnungen fo getroffen, wie Fig. 71 u. 72 erkennen laffen. Zwifchen den Rücklehnen der Seffel find aufrechte Röhren *a* angebracht, welche mit den unter dem Fufsboden liegenden Sammelröhren in Verbindung ftehen. Die Röhren *a* haben zunächft nahe über dem Fufsboden vergitterte Oeffnungen *c*, *c*, aufserdem noch je eine ebenfalls vergitterte Oeffnung *b*. Der Saal hat 4665 Plätze und aufserdem Raum für 350 Mufiker, bezw. Sänger und foll ftündlich 200 000 cbm oder etwa 240 000 kg frifche Luft zugeführt erhalten. Ich habe einer der grofsen Mufikaufführungen, welche gelegentlich der 1878-er Weltausftel-

Fig. 70.



Feftfaal des Trocadéro-Palaftes in Paris.
1/1200 w. Gr.

[106]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 805.

[107]) Vergl.: *Le palais du Trocadéro.* Paris 1878. — Eifenb., Bd. 8, S. 127. — *Nouv. annales de la conft.* 1878, S. 78 u. 99. — *Annales induftr.* 1879, S. 595. — Rohrleger 1878, S. 136. — Polyt. Journ., Bd. 231, S. 387.

lung in dem fraglichen Saale ftattfanden, beigewohnt und hierbei einen lothrecht unter der Luft-Eintritts-öffnung befindlichen Platz benutzt; trotz forgfältiger Beobachtung vermochte ich keine Beläftigung durch Zug zu bemerken. Die Entfernung der einzelnen Luft-Einftrömungsöffnungen von den Köpfen der Menfchen ift hier 30 m und mehr, fo dafs, aufser der Zerlegung des Luftftromes, durch Nebenftrömungen ein Anwärmen, bezw. ein Binden der frei gewordenen Wärme ftattfinden dürfte, bevor die Luft mit den Köpfen der Zuhörer in Berührung kommt.

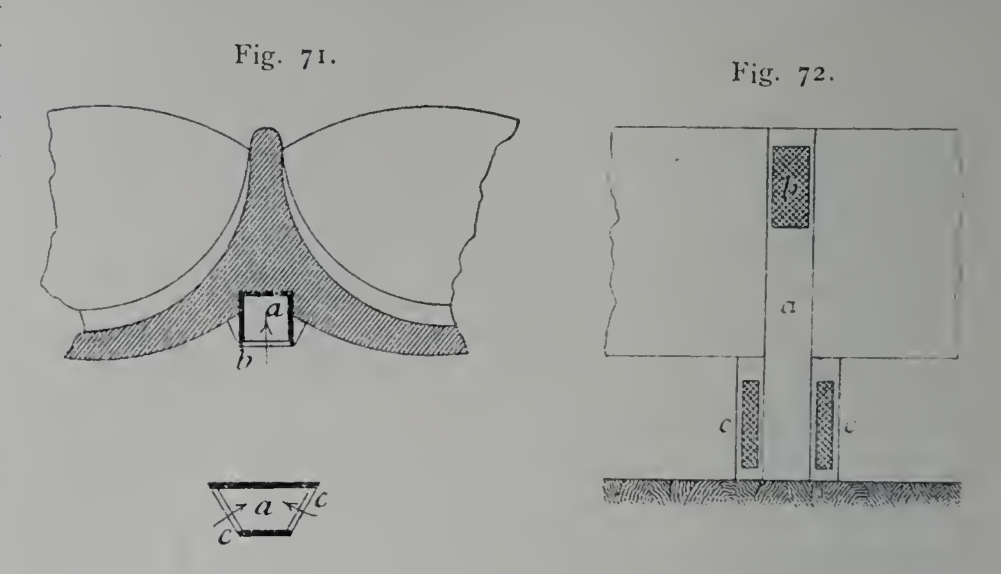


Fig. 71. Fig. 72.

Eine ähnliche Anordnung, die, was Annehmlichkeit für die Befucher anbelangt, fich eben fo bewährt hat, findet fich im grofsen Hörfaal des *Confervatoire des arts et métiers* zu Paris. Hier find 12 Einftrömungsöffnungen an der Decke vertheilt, während zahlreiche Abzugsöffnungen unter den Sitzen und an anderen geeigneten Orten des Raumes angebracht find.

Man kann eine ähnliche Wirkung hervorbringen, indem man die kalte Luft durch nach der Decke gerichtete, frei ftehende Röhren einführt, welche in geeigneter Weife in dem zu lüftenden Raume vertheilt find. Die lebendige Kraft der ausftrömenden Luft befähigt diefelbe zunächft, trotz ihres gröfseren Gewichtes, durch die wärmeren Luftfchichten des zu lüftenden Raumes emporzufteigen und vielleicht die Decke zu erreichen. Von hier aus bewegt fie fich in fehr vertheiltem Zuftande nach unten, und zwar, wenn alle Verhältniffe gut gewählt find, in eben fo vortheilhafter Weife, wie wenn fie durch Oeffnungen der Decke in den Raum gelangt wäre. Die Höhe der Luft-Einführungsröhren kann, wenn für die entfprechende Luftgefchwindigkeit geforgt wird, eine geringe fein. Wird nun die Luft durch über die ganze Fufsbodenfläche vertheilte Oeffnungen gleichmäfsig abgefaugt, fo mufs fie den Weg von oben nach unten in der gewollten Weife zurücklegen.

Häufiger ift die Einführung der Luft durch in den Seitenwänden liegende Oeffnungen, wohl defshalb, weil diefe Oeffnungen bequemer anzubringen find. Bei diefer Anordnung bildet die Einftrömungsgefchwindigkeit mit derjenigen Gefchwindigkeit, welche die Luft in dem zu lüftenden Raume nach unten führen foll, einen ziemlich grofsen Winkel. Es ift allerdings Thatfache, dafs der Luftftrom von der Eintrittsftelle ab an Querfchnitt zunimmt, alfo feine Gefchwindigkeit abnimmt, fo dafs das Gewicht der kälteren Luft defto mehr zur Geltung kommt, je weiter die Luft von der Eintrittsftelle entfernt ift. Man kann aber mit diefer im Allgemeinen bekannten Thatfache nicht in dem Mafse rechnen, dafs fie unmittelbar zum Aufzeichnen des Luftweges, bezw. zum Beftimmen der Gefchwindigkeitsgröfse an den einzelnen Punkten des Raumes führt. Ein in der Nähe der Decke wagrecht oder in wenig aufwärts gerichteter Neigung eintretender Luftftrom verfolgt die Decke, je nach der Anfangsgefchwindigkeit, mehr oder weniger lange. Sobald derfelbe auf eine lothrechte Fläche ftöfst, wird er fofort nach unten abgelenkt und trifft die Köpfe, welche fich unter diefer lothrechten Fläche befinden, in recht empfindlicher Weife. Bei 1,5 m Einftrömungsgefchwindigkeit beobachtete ich an der gegenüber liegenden, 8,5 m von der Einftrömungsftelle entfernten Wand eine fehr unangenehme, nach

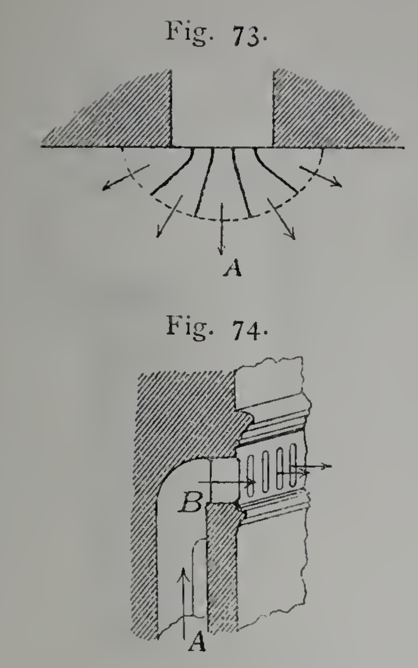


Fig. 73.

Fig. 74.

unten gerichtete Strömung. In der Hannoverſchen Hochſchule iſt häufig gefunden, daſs die lothrechten Flächen des Gebälkes in ähnlicher Weiſe die kältere Luft niederwerfen. Deſshalb dürfte es nothwendig ſein, die Einſtrömungsgeſchwindigkeit (durch Erweitern der Einſtrömungsöffnungen und Zerlegen des Stromes in denſelben) möglichſt zu vermindern, jedenfalls nicht gröſser als 0,5 m werden zu laſſen.

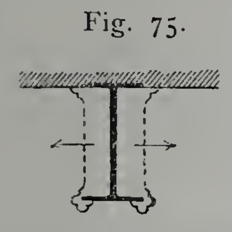
Dieſe Zerſtreuung kann durch Leitbleche ſtattfinden, wie der wagrechte Schnitt Fig. 73 erkennen läſſt, oder durch einfache Vergitterungen, welche an die Erweiterungen der Canäle ſich anſchlieſsen. Fig. 74 zeigt eine derartige Anordnung. *A* bezeichnet den lothrechten Luft-Zuführungsſchacht; derſelbe erweitert ſich bei *B* nach beiden Seiten und mündet mittels zahlreicher Oeffnungen des Wandgeſimſes. Auſser den verſchiedenartigſten Gittern kann die Zerſtreuung durch poröſe Wände und Gewebe erfolgen, wie von *Scharrath* [108]) vorgeſchlagen wurde.

173.
Lage der Einſtrömungsöffnungen.

Immer iſt groſser Werth zu legen auf eine entſprechende Höhenlage der Einſtrömungsöffnungen über den Köpfen derjenigen Perſonen, welche den betreffenden Raum benutzen. Räume gröſserer Tiefe wird man nicht von einer Seite aus mit friſcher Luft verſorgen können; vielmehr wird eine Zuführung von den beiden gegenüber liegenden Seiten nothwendig.

Der groſse Sitzungsſaal des Reichstagshauſes in Berlin hat, bei einer Tiefe von 22 m, derartige einander gegenüber liegende Oeffnungen, welche etwa 9 m über den höchſten Sitzen der Abgeordneten ſich befinden; die Abſaugung der Luft findet durch Oeffnungen ſtatt, welche in den lothrechten Theilen des aufſteigenden Fuſsbodens ſich befinden. Man ſagte mir, daſs eine Beläſtigung durch Zug nicht ſtattfinde, ſelbſt wenn die einſtrömende Luft 3 bis 4 Grad kälter ſei, als diejenige des Saales [109]).

Fig. 75.

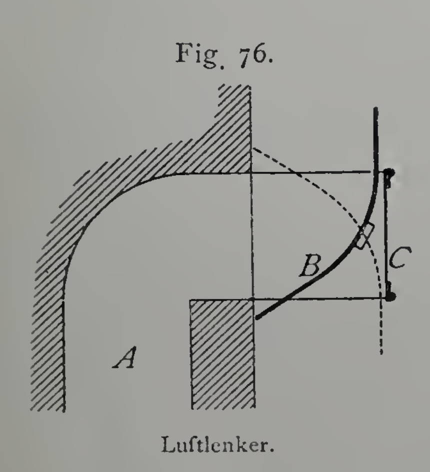


Eine noch beſſere Vertheilung der Einſtrömungsöffnungen iſt zu erreichen, indem man die lothrechten Wandungen kaſtenartig hergeſtellter Unterzüge (die eigentlichen Tragbalken ſind dann aus Eiſen anzufertigen) u. ſ. w. als ſolche verwendet (Fig. 75). Man nähert ſich dann mehr und mehr der im Allgemeinen beſten Einführungsart, nämlich derjenigen von der Decke aus.

Für kleinere Verhältniſſe ſoll ſich der durch Fig. 76 in lothrechtem Schnitt verſinnlichte Luftlenker bewährt haben [110]).

Vor der Mündung des Friſchluft-Canales *A* iſt das Leitblech *B* ſo angebracht, daſs es um eine wagrechte Achſe ſich drehen und in verſchiedenen Lagen ſich feſt ſtellen läſſt. In der ausgezogen gezeichneten Lage lenkt das Blech die Luft nach oben, in der punktirt gezeichneten nach unten und in einer zwiſchen beiden befindlichen Lage theils nach oben, theils nach unten. Man wählt nun eine im gegebenen Falle am wenigſten beläſtigende Lage. Der Blechkörper *C* dient im weſentlichen als Zierath.

Fig. 76.



Luftlenker.

Mit dem vorigen verwandt iſt ein Lenker, welchen ich bei *David Grove* in Berlin ſah; er war für ein Wohnzimmer in Anwendung, deſſen Luft-Zuführungs-Einrichtung lediglich aus einem in der Auſsenwand des Hauſes ausgeſparten Z-förmigen Canal *A* (Fig. 77) beſtand.

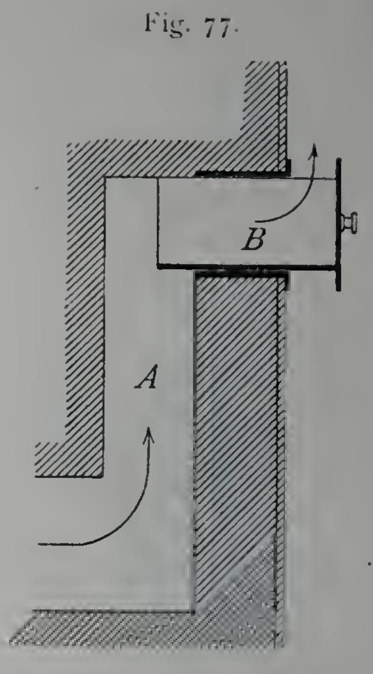
108) Siehe: Scharrath. Bekanntmachung der Vorzüge einer neuen Erfindung zur Erhöhung der Geſundheits- und Krankenpflege durch Anwendung der Poren-Ventilation. Halle 1869. — Ferner: Deutſche Bauz. 1870, S. 315; 1871, S. 219 u. 272; 1876, S. 398. — Romberg's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1873, S. 137 u. 237. — Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1870, S. 128.

109) Vergl. auch die in Kap. 13, unter c aufgenommenen Beiſpiele ausgeführter Heizungs- und Lüftungs-Anlagen.

110) Siehe: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 611.

In die dem Zimmer zugekehrte Mündung des Canales ift ein Blechfchubkaften *B*, dem die Hinterwand fehlt, gefteckt. Schiebt man *B* ganz hinein, fo ift der Luftzutritt abgefperrt; zieht man ihn mehr oder weniger heraus, fo wird der Luft ein gröfserer oder kleinerer Durchflufsquerfchnitt gewährt. In der gezeichneten Lage ftrömt die Luft nach oben, wenn man aber den Schubkaften-Boden nach oben legt, fo mufs fie nach unten, und giebt man dem Boden eine lothrechte Lage, fo mufs fie nach der einen oder anderen Seite abftrömen.

Fig. 77.



Luftlenker von *David Grove* in Berlin.

174. Lage der Abftrömungs-öffnungen.

Was die Abftrömungsöffnungen anbelangt, fo wird man fie, fo weit irgend möglich, über den Grundrifs des in Frage kommenden Raumes vertheilen, um eine möglichft gleichförmige, alfo für jeden Ort möglichft geringe Luftgefchwindigkeit zu erhalten. Bei feften Plätzen der Infaffen ift dies immer zu erreichen. In Hörfälen, Sitzungsräumen, Theatern, Krankenhäufern (bei letzteren unter den Betten) find unfchwer geeignete Plätze für die Abführungsöffnungen zu finden. In Tanzfälen u. dergl. wird man fich mit feitlich liegenden Abzugsöffnungen begnügen müffen; bei Wohnräumen kann man dasfelbe Verfahren anwenden, theils weil diefelben nicht fehr grofs, theils weil die in denfelben fich aufhaltenden Menfchen nur gering an Zahl find.

Es ift hier immer die Rede von der Abführung der Luft am Fufsboden gewefen. Gleichzeitig wurde erwähnt, dafs man für eine geeignete Vertheilung der Abzugsöffnungen zu forgen habe. Hieraus kann man ohne Weiteres fchliefsen, dafs z. B. die Logen und Galerien der Theater, die Tribunen der Verfammlungsfäle u. f. w. in der Nähe ihrer Fufsböden eigene Abzugsöffnungen haben müffen; ich halte es für nothwendig, hierauf befonders aufmerkfam zu machen.

175. Winter- u. Sommer-lüftung.

Das Ergebnifs der vorliegenden Erörterung ift fonach, dafs regelmäfsig die Eintrittsöffnungen oben, die Austrittsöffnungen in Fufsbodenhöhe fich befinden müffen. Es ift dies um fo angenehmer, als eine und diefelbe Anordnung fowohl für den Winter, als auch für den Sommer gebraucht werden kann.

Dies fchliefst nicht aus, in befonderen Fällen anders zu verfahren. Findet z. B. in Theatern die Beleuchtung der Verfatzftücke auf der Bühne — was häufig der Fall ift — mittels Gas ftatt, fo dürfte man, der aufserordentlich grofsen Wärmeentwickelung halber, regelmäfsig die Luftbewegung auf der Bühne von unten nach oben ftattfinden laffen. Bühne und Zufchauerraum ftehen aber während der Aufführung durch eine fehr grofse und hohe Oeffnung mit einander in freier Verbindung. Daraus folgt ohne Weiteres, dafs in beiden die gleiche Bewegungsrichtung angewendet, alfo im vorliegenden Falle auch im Zufchauerraum die frifche Luft unten ein- und oben abgeführt werden mufs.

Auch eine kräftige Gas-, Erdöl- oder Kerzenbeleuchtung kann dazu zwingen, von der Regel abzuweichen. Wird die von der Beleuchtung entwickelte gefammte Wärme (vergl. Art. 100, S. 95) an die umgebende Luft abgegeben, fo ift es unmöglich, die letztere, an dem Menfchen vorüber, den am oder im Fufsboden befindlichen Abluftöffnungen zuzuführen. Die Luftmenge, welche genügte, die entwickelte Wärmemenge aufzunehmen, ohne fich zu fehr zu erwärmen, würde fo grofs fein, dafs fie nur mit unzuläffiger Gefchwindigkeit durch den Saal zu führen wäre. Im vorliegenden Falle mufs man allgemein die Luft von unten nach oben fich bewegen laffen oder, wenn die Luft-Zufuhr oben ftattfindet, die Abfuhr theils oben ftattfinden laffen, theils

aber die frifche Luft nach unten lenken, fo dafs nur der letztere Theil das Bedürfnifs der Menfchen befriedigt. Ob folches bei frei brennenden Beleuchtungsflammen ficher durchzuführen ift, ift fraglich; wohl aber ift der Zweck mittels gefchloffener Beleuchtungs-Einrichtungen (vergl. Art. 52, S. 49) zu erreichen, welche die Verbrennungsgafe mit aller Beftimmtheit abzuleiten geftatten.

Man hat auch die Zufuhr kälterer Luft in gröfserer Höhe, bezw. nahe der Decke und die Abfuhr derfelben ebendafelbft angewendet[111]. Es liegt auf der Hand, dafs unter diefen Umftänden die für die Infaffen des Raumes beftimmte Luft nach unten fallen und dann nach oben fteigen, alfo den Querfchnitt deffelben zweimal in entgegen gefetzter Richtung durchftrömen mufs. Dadurch wird nicht allein die Luftgefchwindigkeit verdoppelt, fondern die Wahrfcheinlichkeit, dafs »Zug« eintreten wird, noch durch die Regellofigkeit diefer Luftbewegung vermehrt. Die Erfahrung beftätigt dies[112].

3) Entnahmeftellen für die frifche Luft.

176. Entnahme der Luft.

Die zufällige Lüftung läfft fich die Stellen, von wo aus die frifche Luft entnommen werden foll, nicht vorfchreiben.

Die künftliche Lüftung dagegen geftattet eine Auswahl der Schöpfftellen. Diefelben follen fich felbftverftändlich da befinden, wo auf möglichfte Reinheit der Luft gerechnet werden kann. Wegen der Ausdünftungen der Erdoberfläche und auch, weil der Staub im Allgemeinen in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche ftärker vertreten ift, als in einiger Höhe über derfelben, entnimmt man die Luft gern wenigftens 0,5 bis 1,0 m über der Erdoberfläche. In Rückficht auf Staub fucht man die Luftfchöpforte möglichft von verkehrsreichen Wegen entfernt zu halten oder doch an folche Orte zu legen, die durch Gebüfch u. dergl. einigermafsen gegen Staub gefchützt find. Demnach find Gärten für den vorliegenden Zweck beliebte Orte. Sauber gehaltene Höfe, die nicht von Grundftücken mit ruffenden Schornfteinen begrenzt werden, find jedoch ebenfalls zweckmäfsige Entnahmeftellen; in eng gebauten Städten dürften diefelben meiftens als die beften bezeichnet werden müffen. Eben fo bilden die Aufsenflächen der Gebäude unter Umftänden geeignete Orte zur Luftentnahme. Die vielfach geäufserte Anficht, dafs die Wandflächen, da fie (vermöge der zufälligen Lüftung) die verdorbene Luft der von ihnen umfchloffenen Räume ausathmeten, als Luftentnahmeftellen nicht zu gebrauchen feien, ift nur wenig begründet. Nur bei ruhiger Luft und wenn die in Rede ftehenden Räume wärmer find, als die freie Luft, ift ein folches Ausathmen verdorbener Luft an derjenigen Gebäudefläche möglich, an welcher frifche Luft entnommen werden kann. Alsdann bewegt fich aber die ausgeftofsene, wärmere Luft fofort nach oben und kann nur wenig fchaden.

Vielfach wählt man die über dem Erdboden befindlichen Wandflächen der Kellergefchoffe zur Unterbringung der Luft-Eintrittsöffnungen, wodurch, wenigftens in der Regel, eine weniger reine Luft gewonnen wird, als bei Benutzung der höher gelegenen Wandflächen. Jedoch mufs man fich mit der Thatfache ausföhnen, wenn andere Entnahmeorte nicht zur Verfügung ftehen. Schöpft man doch zuweilen die

---

[111] Siehe: Gefundh.-Ing. 1887, S. 224.

[112] Vergl. über die Lage der Zu- und Abluftöffnungen:

FERRINI, R. Technologie der Wärme etc. Deutfch von M. SCHRÖTTER. Jena 1877. S. 415 u. ff.

HUDELO. Die Ein- und Austrittsöffnungen der Luft bei Ventilation. *Revue d'hyg.* 1879.

FISCHER, F. Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 784.

frifche Luft über Dach, alfo an einem Orte, nach welchem die verdorbene Luft fowohl, als auch der Rauch ausgeftofsen wird. Hier, wo der Wind fich frei zu bewegen vermag, wo die Ergiefsung der Gafe nicht gehemmt ift, findet in eng gebauten Städten die Verdünnung, bezw. Erfrifchung der Luft faft ausfchliefslich ftatt, und defshalb eignet fich in manchen Fällen diefer Ort am meiften für die Luftentnahme.

Die richtige Wahl der Entnahmeftellen kann nur nach örtlichen Verhältniffen getroffen werden und auf Grund der Erwägung, dafs man von den verfügbaren Orten den beften auszufuchen hat[113]).

---

7. Kapitel.

Bewegung der Flüffigkeiten in Röhrenleitungen und Canälen.

a) Widerftände der Bewegung.

177. Reibungswiderftand.

Der fog. Reibungswiderftand, hervorgerufen durch die Verfchiebung der Flüffigkeit längs der Röhren- oder Canalwände und durch Verfchiebungen im Inneren der bewegten Flüffigkeit, wird gemeffen durch den Druck p (in Kilogr.) auf die Flächeneinheit des Röhren-, bezw. Canalquerfchnittes q (in Quadr.-Met.). Derfelbe fteht in geradem Verhältnifs zum Umfange u des von der Flüffigkeit erfüllten Querfchnittes, zur Länge l der Röhre und zum Gewicht γ von 1 cbm der Flüffigkeit (in Kilogr.). Die Abhängigkeit von der Stromgefchwindigkeit v wird von verfchiedenen Fachmännern verfchieden angegeben. Ich bin der Anficht, dafs die *Prony-Redtenbacher*'fche Beziehung nicht allein genügend zutreffende Werthe liefert, fondern auch noch einigermafsen bequem zu benutzen ift, drücke diefelbe aber fo aus, dafs der zur Ueberwindung des Widerftandes erforderliche Druck p im geraden Verhältnifs zu $\left(\frac{1}{v} + 20\right)\frac{v^2}{2g}$ wächst.

Bezeichnet man eine durch Erfahrung feft zu ftellende Werthziffer mit $\varkappa$, fo entfteht, unter dem Vorbehalt, dafs die Spannung der Flüffigkeit fich nur fehr wenig ändert, bezw. durch die Spannungsänderung eine nennenswerthe Aenderung ihres Einheitsgewichtes nicht hervorgerufen wird, die Gleichung für den Reibungswiderftand:

$$pq = \varkappa \gamma l u \left(\frac{1}{v} + 20\right)\frac{v^2}{2g},$$

oder

$$p = \varkappa \gamma l \frac{u}{q}\left(\frac{1}{v} + 20\right)\frac{v^2}{2g} \qquad \ldots \ldots \ldots \quad 72.$$

Die Erfahrungszahl $\varkappa$ fchwankt zwifchen 0,0003 und 0,0010. Für Leuchtgas, Waffer u. f. w., die in guten glattwandigen Röhren fich bewegen, darf man $\varkappa$ = 0,0003 bis 0,0004, für Luft, welche in gemauerten Canälen fliefst, je nach dem Zuftande der Canalwände, $\varkappa$ = 0,0004 bis 0,0007, für Rauch $\varkappa$ = 0,0006 bis 0,0010 fetzen. Hierbei mufs noch bemerkt werden, dafs aufser der Glätte der Wandflächen auch die Luftdurchläffigkeit gemauerter Canalwände die Bewegung der Luft und des Rauches beeinträchtigt. Richtiger würde man diefen Einflufs befonders berechnen;

---

[113]) Vergl.: FISCHER, H. Ueber die Schöpfftellen für frifche Luft. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1884, S. 298.

in Ermangelung genügenden Anhaltes für diefe Berechnung fchliefse ich, dem Gebrauch gemäfs, den Einflufs der Luftdurchläffigkeit in die Gröfse $\varkappa$ für Rauch und Luft ein und bemerke hierzu, dafs derfelbe fich befonders bei frei ftehenden Schornfteinen, aber auch bei mit dünnen Wänden ausgeftatteten Luftleitungs-Canälen fühlbar macht.

Für grofse Werthe von v verfchwindet der Werth $\frac{1}{v}$ gegen 20, für fehr kleine Gefchwindigkeiten dagegen 20 gegen $\frac{1}{v}$, fo dafs für diefe Sonderfälle die Gleichung, welche den Reibungswiderftand ausdrückt, in die einfacheren übergeführt werden kann:

$$p = 20\,\varkappa\,\gamma\,l\,\frac{u}{q}\,\frac{v^2}{2g}, \qquad 72a.$$

bezw.

$$p = \frac{\varkappa}{2g}\,\gamma\,l\,\frac{u}{q}\,v. \qquad 72b.$$

178.
Richtungs- und Querfchnitts-änderungen.

Der Widerftand, welchen eine fcharfe rechtwinkelige Ablenkung der Bewegungsrichtung verurfacht, kann ausgedrückt werden durch

$$p = 1{,}0 \cdot \gamma\,\frac{v^2}{2g} \qquad 73.$$

Richtungsänderungen, welche bewegte Flüffigkeiten in gut gerundeten rechtwinkeligen Canal- oder Röhrenknieen erfahren, verurfachen einen geringeren Widerftand, nämlich etwa

$$p = (0{,}3 \text{ bis } 0{,}5)\,\gamma\,\frac{v^2}{2g} \qquad 74.$$

Querfchnittsveränderungen verurfachen, abgefehen von dem entftehenden, bezw. hervorzubringenden anderen v, ebenfalls Bewegungshinderniffe. Man wird diefelben möglichft zu vermeiden und in unvermeidlichen Fällen möglichft fanfte Uebergänge zu fchaffen fuchen. Alsdann können die entftehenden Widerftände vernachläffigt werden. In einigen unvermeidlichen Fällen mufs man jedoch auf einen entfprechenden Widerftand Rückficht nehmen. So bei geöffneten Ventilen, bei welchen der Widerftand

$$p = (0{,}5 \text{ bis } 1{,}0)\,\gamma\,\frac{v^2}{2g}, \qquad 75.$$

bei geöffneten Hähnen, bei welchen derfelbe

$$p = (0{,}1 \text{ bis } 0{,}3)\,\gamma\,\frac{v^2}{2g} \qquad 76.$$

ift, und bei Vergitterungen, die einen Widerftand erzeugen:

$$p = (0{,}8 \text{ bis } 1{,}3)\,\gamma\,\frac{v^2}{2g}, \qquad 77.$$

fo fern die Querfchnitte keine gröfsere, als die Gefchwindigkeit v verlangen.

Bedeutende Querfchnittserweiterungen, wie diefelben z. B. beim Eintritt des Waffers in Heizkörper, beim Eintritt der Luft in die Zimmer u. f. w. eintreten, finden dadurch gebührende Berückfichtigung, dafs man die der Flüffigkeit bisher eigene Gefchwindigkeit als verloren gehend betrachtet.

Widerſtände, welche Filter verurſachen (ſiehe Art. 159, S. 148), ſind beſonders zu berückſichtigen.

179. Erzeugung der Geſchwindigkeit

Endlich iſt der Druck in Rechnung zu ſtellen, welcher die Geſchwindigkeit v überhaupt hervorruft; derſelbe iſt oft in einer und derſelben Leitung wegen bedeutenderer Querſchnittserweiterungen mehrere Male in Anſatz zu bringen. Der betreffende Druck hat die Gröſse

$$p = 1{,}0 \cdot \gamma \frac{v^2}{2g} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 78.$$

180. Geſammtwiderſtand.

Bezeichnet man mit ξ die Factoren der Gleichungen 73 bis 78, welche, mit γ und $\frac{v^2}{2g}$ multiplicirt, die einzelnen Widerſtände p geben, ſo iſt der Geſammtwiderſtand zwiſchen zwei Punkten der Leitung auszudrücken durch:

$$p_1 - p_2 = \Sigma p = \left[\varkappa l \frac{u}{q}\left(\frac{1}{v} + 20\right) + \Sigma \xi\right] \gamma \frac{v^2}{2g} \quad \ldots \ldots \quad 79.$$

Man miſſt die Preſſung der eingeſchloſſenen Flüſſigkeit, indem man durch die Wand der Röhre oder des Canales A (Fig. 78) eine **U**-förmig gebogene, an beiden Enden offene Röhre B ſteckt, welche eine genügend ſchwere Flüſſigkeit enthält. Der lothrechte Abſtand der beiden Flüſſigkeitsſpiegel in B ſtellt den Druckunterſchied dar, welcher zwiſchen dem Inneren der Röhre A und ihrer Umgebung herrſcht. Verwendet man für die Flüſſigkeit der **U**-förmigen Röhre B Waſſer, ſo entſpricht 1 mm des Flüſſigkeitsſpiegel-Abſtandes z genau genug 1 kg Druckunterſchied für 1 qm Fläche, da eine Waſſerplatte von 1 qm Gröſse und 1 mm Dicke 1 l miſſt und im Zuſtande gröſster Dichte 1 kg wiegt. Verwendet man in der Röhre B Queckſilber, ſo entſpricht jedes Millimeter des Flüſſigkeitsſpiegel-Abſtandes 13,6 kg Druckunterſchied für 1 qm.

b) Einfluſs der Verſchiedenheit der Gewichte geleiteter Flüſſigkeiten.

181. Einfluſs von Gewichtsverſchiedenheiten.

Der vorhin genannte Druckunterſchied iſt in verſchiedenen Höhenlagen (abgeſehen von den eigentlichen Bewegungshinderniſſen) verſchieden, ſobald die Flüſſigkeit, welche die Röhrenleitung oder den Canal füllt, ſchwerer oder leichter iſt, als die auf den freien Schenkel der Druckmeſſerröhre drückende Flüſſigkeit, alſo die freie Luft.

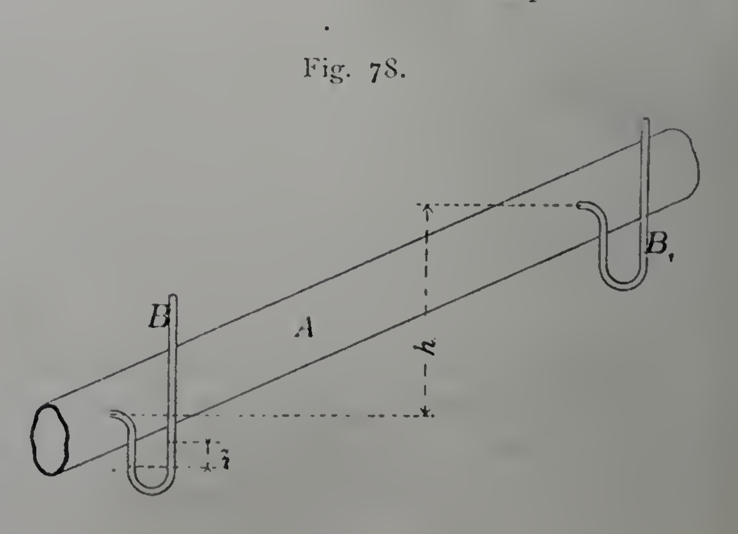
Es heiſse die Höhe, um welche zwei Druckmeſſer B und B_1 (Fig. 78) von einander entfernt ſind, h, das Gewicht von 1 cbm der in A geleiteten Flüſſigkeit Γ, das Gewicht von 1 cbm der umgebenden Luft γ; alsdann wirkt, wenn bei B_1 im Inneren der Röhre A der Druck P herrſcht, auf den mit A verbundenen Schenkel des Druckmeſſers B der Druck $P + h\,\Gamma$, und, wenn der Druck auf den freien Schenkel des Druckmeſſers $B_1 = p$ iſt, auf den freien Schenkel des Druckmeſſers B der Druck $p + \gamma h$. Der Unterſchied der Druckunterſchiede iſt ſonach

$$[(P + h\,\Gamma) - (p + h\,\gamma)] - [P - p] = \mathfrak{P}$$

oder

$$\mathfrak{P} = h\,[\Gamma - \gamma] \quad \ldots \quad 80.$$

Fig. 78.



Befteht z. B. die geleitete Flüffigkeit aus Leuchtgas von 0,6 kg Gewicht für 1 cbm, während 1 cbm der umgebenden Luft das Gewicht 1,2 kg habe, fo wird für $h = 1$ m

$$\mathfrak{P} = 1\ (0{,}6 - 1{,}2) = -0{,}6 \text{ kg},$$

d. h. der Druck in der Röhrenleitung vermindert fich dem Aufsendrucke gegenüber für jedes Meter geringerer Höhenlage um 0,6 kg.

Man wird defshalb von dem den Bewegungswiderftand darftellenden Druck einen entfprechenden Betrag abziehen, wenn die Bewegung in der Leitung nach oben gerichtet ift, dagegen den Ausdruck für die Bewegungswiderftände um die in Frage kommende Gröfse vermehren, fobald die leichtere Flüffigkeit nach unten fliefst.

182. Auftrieb.

Ein Gleiches ift natürlich der Fall, wenn zwar eine gleichartige Flüffigkeit, alfo z. B. Luft, in und aufserhalb der Röhre A (Fig. 78) fich befindet, wenn fie jedoch verfchiedene Temperaturen hat.

Behufs Gewinnung einfacher und genügend genauer Ausdrücke habe ich für den Einflufs der Temperaturänderung auf das Einheitsgewicht der Flüffigkeiten die folgenden neuen Formeln aufgeftellt [114]). Es bedeutet γ das Gewicht von 1 cbm, t die Temperatur der Flüffigkeit; dann ift

für Luft: $\gamma = 1{,}3 - 0{,}004\ t$, ... 81.

für Rauch: $\gamma = 1{,}25 - 0{,}0027\ t$, ... 82.

für Waffer: $\gamma = 1000 - 0{,}004\ t^2$ . . . . 83.

Der genaue Werth für das Gewicht des Waffers ift fehr unbequem [115]); ältere Annäherungsformeln:

$$\textit{Péclet}: \gamma = 1008{,}6 - 0{,}5\ t; \quad \textit{Ferrini}: \gamma = \frac{1000}{0{,}9885 + 0{,}0005\ t};$$

$$\textit{Schinz}: \gamma = \frac{1000}{1 + 0{,}000466\ t}$$

liefern theils nur in fehr engen Grenzen brauchbare Werthe oder unbequeme Ausdrücke. Mein Ausdruck für das Gewicht des Waffers ergiebt zwifchen 0 und 150 Grad nur fehr geringe Abweichungen von den genauen Gewichten.

Der Ausdruck für Rauch kann naturgemäfs nur angenähert richtige Ergebniffe liefern, weil das Gewicht des Rauches vor Allem auch von feiner Zufammenfetzung abhängt.

Für trockene Luft ift genau $\gamma = \frac{1{,}293187}{1 + 0{,}003665\ t}$; allein, man hat mit trockener Luft in der Technik nicht zu thun, vielmehr mit mehr oder weniger gefeuchteter Luft. Für diefe fchliefsen fich die Ergebniffe meines Ausdruckes von -20 bis $+120$ Grad dem Mittel genauer an, als diejenigen, welche die für trockene Luft genaue Gleichung liefert.

Fügt man diefe Ausdrücke in die Gleichung 80 ein, fo wird der Druckunterfchied, wenn die beiden in Frage kommenden Temperaturen der betreffenden Flüffigkeiten t_1, bezw. t_2 heifsen,

für Luft: $p = h\ [1{,}3 - 0{,}004\ t_1 - (1{,}3 - 0{,}004\ t_2)] = 0{,}004\ (t_2 - t_1)\ h$, . . . 84.

für Waffer: $p = h\ [1000 - 0{,}004\ t_1^{\,2} - (1000 - 0{,}004\ t_2^{\,2})] = 0{,}004\ (t_2^{\,2} - t_1^{\,2})\ h$, . 85.

welcher Druckunterfchied der **Auftrieb** des Höhentheiles h genannt wird und in erwähnter Weife von der die Bewegungswiderftände ausdrückenden Gröfse abzuziehen oder ihr hinzuzuzählen ift.

Hierbei kann offenbar der Fall eintreten, dafs der Auftrieb die Bewegungswiderftände ganz aufhebt.

---

114) Siehe: Gefundh.-Ing. 1882, S. 311 (mit vielen Druckfehlern) — ferner: Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 155.

115) Siehe: Wüllner, A. Lehrbuch der Experimentalphyfik. 4. Aufl. Bd. 3: Die Lehre von der Wärme. Leipzig 1885. S. 71.

c) Einflufs der Wärmeleitung der Canal-, bezw. Röhrenwände.

183. Einflufs der Temperatur-änderungen.

Die foeben befprochene Beeinfluffung der Flüffigkeitsbewegung ift nicht allein von Bedeutung, wenn z. B. die geleitete Luft überhaupt eine andere Temperatur hat, als die freie Luft, fondern felbftverftändlich auch, wenn die Temperatur in der Leitung fich ändert, fei es durch Wärme-Zufuhr oder Wärme-Abfuhr.

Eine Verminderung der Temperatur des auffteigenden Stromes, wie eine Vergröfserung der Temperatur im abfteigenden Strome haben eine Hemmung der Bewegung, das Umgekehrte hat eine Förderung der Bewegung zur Folge. Angefichts des meiftens unregelmäfsigen Verlaufes der Canäle ift eine analytifche Behandlung des in Rede ftehenden Einfluffes nur in befonderen Fällen gerathen. Meiftens fucht man derartige Temperaturänderungen möglichft zu verhüten (durch Lage der Canäle und Röhrenleitungen, gröfsere Wandftärken, Umhüllungen u. f. w.) und vernachläffigt fie alsdann. Ift man nicht im Stande, die Temperaturänderungen in genügendem Mafse zu verhindern, fo wird aus dem mittleren Temperatur-Unterfchied (vergl. Formel 52, S. 111) die Aenderung befonders berechnet.

184. Inbetriebfetzung der Leitung.

Nicht zu berechnen find die Wirkungen des Auftriebes bei Inbetriebfetzung der Leitungen. Alsdann find die Wände der Leitungen entweder kälter oder wärmer, als die zu leitende Flüffigkeit; ein Zufall könnte eine Gleichheit der Temperaturen hervorbringen. Ich will hier nur die Vorgänge befprechen, die bei Inbetriebfetzung von Luft- und Rauchleitungen eintreten und oft von recht unangenehmen Folgen find. Die Anordnung eines Canalnetzes fei derartig, dafs der Auftrieb allein die Bewegung hervorzubringen und zu erhalten hat; die Canäle feien kälter, als die Luft oder der Rauch. Alsdann kühlt fich die Luft ab und bringt einen dem entfprechend geringeren Auftrieb hervor. Die Widerftände wachfen (im Grofsen und Ganzen) mit dem Quadrat der Gefchwindigkeit; fomit ift der geringe Auftrieb im Stande, eine geringe Bewegung zu erzeugen, vermöge welcher mehr und mehr warme Luft dem Canalnetz zugeführt wird, alfo diefes mehr und mehr auf diejenige Temperatur erwärmt wird, die dem Beharrungszuftande entfpricht. Nach der Inbetriebfetzung verftreicht fomit eine gewiffe Zeit, die oft recht lang ift, bevor der Beharrungszuftand eintritt. Bei der gegebenen Auseinanderfetzung wurde angenommen, dafs die Canalwände nicht kälter feien, als die freie Luft. Durch den Temperaturwechfel, oft fchon den regelmäfsigen, der zwifchen Tag und Nacht ftattfindet, kann nun der Fall eintreten, dafs die Canalwände kälter find, als die freie Luft. Die Folge hiervon ift, dafs die in den Canälen befindliche Luft kälter als diejenige des Freien ift, fo dafs ein fog. verkehrter Auftrieb eintritt, der, wenn die Mündungen der Canäle frei gelegt werden, alfo die Inbetriebfetzung der Anlage erfolgen foll, die Luft in den fteigenden Theilen des Canales nach unten drückt, d. h. die der beabfichtigten entgegengefetzte Bewegung hervorbringt. Die gewünfchte Bewegungsrichtung ift alsdann nur nach einem entgegengefetzten Temperaturwechfel der freien Luft möglich.

Dies weifs Jeder, welcher verfuchte, am Tage einen Schornftein in Betrieb zu fetzen, welcher mehrere Tage lang nicht benutzt wurde; dies müffen unfere Hausfrauen erfahren, wenn fie nach kühlen Nächten erft am fpäten Vormittag während warmen Sonnenfcheines das Küchenfeuer entzünden laffen. Im Volksmunde fagt man: »Die Sonne drückt den Rauch im Schornftein herab«. Verfucht man das Anfeuern am kühlen Abend nach einem warmen Tage, fo gelingt die Inbetriebfetzung fpielend. Damit ift angedeutet, was für Mittel gegen den genannten Uebelftand anzuwenden find: neue Schornfteine oder folche, welche felten benutzt werden, aber eine folche Lage haben, dafs fie fich erheblich abzukühlen

vermögen (z. B. die Schornfteine der Kirchen), fetze man regelmäfsig am Abend oder in der Nacht in Betrieb; andere nicht dauernd benutzte Schornfteine fchütze man gegen Wärmeverlufte, fo dafs ihre Wandungen bei erneuter Inbetriebfetzung von der vorigen Benutzung noch genügende Wärme enthalten.

Immer ift es nöthig, fo fern man auf eine rafche Inbetriebfetzung Werth legt, den nach dem Beharrungszuftande berechneten Mafsen einen Zufchlag zu geben.

185. Waffer- u. Luftleitungen.

Die der Temperaturänderung entfprechende Raumänderung vernachläffigt man bei Waffer in fo weit, wie die Gefchwindigkeit durch diefelbe beeinflufft wird. Bei Luftleitungen fetzt man häufig die Gefchwindigkeit v als mit der Temperatur veränderlich ein, wie weiter unten gefchehen wird, rechnet aber häufiger mit demjenigen v, welches der mittleren Temperatur entfpricht.

186. Dampfleitungen.

Zur Berechnung der Dampfleitungen ift der Raum, welchen der Dampf an jedem Orte der Leitung einnimmt, bezw. die diefem entfprechende Gefchwindigkeit, wegen der ftattfindenden theilweifen Verdichtung des Dampfes, unbedingt in Rechnung zu ziehen. Es fei Q die ftündlich an den Ort des Verbrauches zu fördernde Dampfmenge (in Kilogr.); p die Spannung des Dampfes (in Kilogr.) für 1 qm, und zwar p_1 diejenige am Anfange, p_2 diejenige am Ende der Leitung; γ das Gewicht von 1 cbm Dampf; v die fecundliche Gefchwindigkeit des Dampfes (in Met.), und zwar v_1 diejenige am Anfange, v_2 diejenige am Ende der Leitung; l die Länge der Leitung (in Met.); x ein Theil derfelben; D die Weite derfelben (in Met.); δ die doppelte Wandftärke der Röhre, nach Umftänden vermehrt um die einfache Dicke der Umhüllung derfelben.

Sodann ift der Widerftand, welcher in einer dx Meter langen Röhrenleitung auftritt, nach Gleichung 72

$$dp = \varkappa \gamma \frac{D \pi}{D^2 \frac{\pi}{4}} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) \frac{v^2}{2g} dx \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 86.$$

In diefer Gleichung ift $\varkappa = 0{,}00036$ zu fetzen, und es kann der Ausdruck $\frac{1}{v}$ gegen 20 vernachläffigt werden, da v felten unter 10 m genommen wird. Alsdann erhält man die einfachere Gleichung

$$dp = 0{,}0015 \, \gamma \frac{dx}{D} v^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 87.$$

Es ift fowohl v, als auch γ veränderlich; letzteres, weil die Spannung p des Dampfes wegen des Reibungswiderftandes vom Endpunkte der Leitung ab zunimmt, alfo p_1 gröfser fein mufs als p_2; erfteres, weil eine gewiffe Dampfmenge, unvermeidlicher Wärmeverlufte halber, verdichtet wird, fomit die Menge des Dampfes ebenfalls vom Endpunkte der Leitung ab wächst. Das Gewicht von 1 cbm Dampf, alfo γ, ift nach der *Navier*'fchen Näherungsformel

$$\gamma = \frac{o + p}{n}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 88.$$

worin die Erfahrungszahlen o und n folgende Gröfse haben:

$$\left. \begin{array}{l} \text{für } p < 36\,000 \text{ ift } n = 19\,995, \; o = 1200 \\ \text{» } p > 36\,000 \text{ » } n = 21\,224, \; o = 3000 \end{array} \right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 89.$$

Der Wärmeverluft des Dampfes ift abhängig von der Art der Röhrenwandung, dem Temperatur-Unterfchied, welcher zwifchen dem Dampf und der Umgebung der Röhre herrfcht, und dem Bewegungszuftande der umgebenden Luft. Die zuletzt genannten beiden Einflüffe find nicht allgemein zu verfolgen, indem die betreffende

Dampfleitung gewöhnlich durch verfchiedene Räume mit wechfelnden Luft-Temperaturen geführt wird; es mag defshalb nur die Art der Röhrenwandung berückfichtigt werden. So fern beftimmte Zuftände der umgebenden Luft bekannt find, wird man diefelben durch Wahl der im Folgenden näher bezeichneten Werthziffern K gebührend in Rechnung ftellen.

Die Röhrenwandungen werden ausfchliefslich aus Metall hergeftellt und find verhältnifsmäfsig dünn, wefshalb man, ohne einen erheblichen Fehler zu machen, den Wärmeverluft als im geraden Verhältnifs zur Röhrenaufsenfläche fetzen kann, fo dafs, bei nackten Röhren jedes Längenmeter ftündlich $(D + \delta)\, \pi\, (T - t)\, k$ Wärmeeinheiten verliert, wenn $\frac{\delta}{2}$ die Wanddicke der Röhre, $T - t$ den mehr erwähnten Temperatur-Unterfchied und k die Zahl der Wärmeeinheiten bezeichnet, welche ftündlich für 1 Grad Temperatur-Unterfchied und durch 1 qm Fläche überführt wird.

Meiftens werden die Röhren eingehüllt, um den Wärmeverluft zu vermindern. Alsdann dürfte der Wärmeverluft in geradem Verhältnifs zu derjenigen Fläche ftehen, welche in der Mitte zwifchen der äufseren und inneren Fläche der Hülle fich befindet: der vorhin gegebene Ausdruck ift fomit auch für diefen Fall zutreffend, wenn $\frac{\delta}{2}$ gleich der Wanddicke des Metalles, vermehrt um die halbe Wanddicke der Hülle, gefetzt wird.

Die Wärmemenge, welche bei Verdichtung von 1 kg Dampf frei wird, bezw. welche verloren gehen mufs, um 1 kg Dampf in Waffer zu verwandeln, fchwankt (für Dampf, deffen Spannung 10 000 bis 50 000 kg für 1 qm oder deffen Ueberdruck etwa 0 bis 4 Atmofphären beträgt) nur zwifchen 537 und 502 Wärmeeinheiten. Daher dürfte es für den vorliegenden Zweck genügen, für jedes Kilogramm Dampf 520 Wärmeeinheiten in Rechnung zu ftellen. Es ift fomit die von 1 m Röhrenlänge ftündlich verdichtete Dampfmenge (in Kilogr. ausgedrückt):

$$\frac{(D + \delta)\, \pi\, (T - t)\, k}{520} = (D + \delta)\, K, \quad \ldots \quad 90.$$

in welcher Gleichung K eine für den einzelnen Fall zu beftimmende Werthziffer bezeichnet.

Am Ende der Leitung follen Q Kilogr. Dampf zur Verfügung ftehen; fomit mufs einen Röhrenquerfchnitt, welcher um x Meter von dem Ende der Leitung entfernt ift, die Dampfmenge

$$Q + (D + \delta)\, K x$$

durchftrömen, fo dafs die in diefem Querfchnitte herrfchende Gefchwindigkeit v auszudrücken ift durch

$$v = \frac{4}{D^2 \pi} \, \frac{Q + (D + \delta)\, K x}{3600} \, \frac{n}{o + p}, \quad \ldots \quad 91.$$

und der Reibungswiderftand, welchen an diefer Stelle eine Röhrenlänge dx verurfacht, nach den Gleichungen 87 u. 88

$$dp = 0{,}0015 \, \frac{o + p}{n} \, \frac{1}{D} \, \frac{4^2}{D^4 \pi^2} \left[\frac{Q + (D + \delta)\, K x}{3600} \right]^2 \left(\frac{n}{o + p} \right)^2 dx \quad . \quad 92.$$

Es sei nun für kurze Zeit

$$\frac{0{,}0015 \cdot 4^2}{3600^2 \pi^2} = \mathfrak{A}; \quad \ldots \quad 93.$$

dann erhält man aus Gleichung 92 nach wenigen Umänderungen

$$(o + p)\, dp = n \frac{\mathfrak{A}}{D^5} \left[Q + (D + \delta) K x\right]^2 dx \quad \ldots \quad 94.$$

und durch Integriren beider Seiten

$$\frac{(o + p)^2}{2} = n \frac{\mathfrak{A}}{D^5} \frac{\left[Q + (D + \delta) K x\right]^3}{3 (D + \delta) K} + Const. \quad \ldots \quad 95.$$

Für $p = p_1$ ist $x = l$; für $p = p_2$ ist $x = 0$, sonach

$$o^2 + 2 o p_1 + p_1^2 = \frac{2 n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} \left[Q^3 + 3 Q^2 (D + \delta) K l + 3 Q (D + \delta)^2 K^2 l^2 + (D + \delta)^3 K^3 l^3\right] + Const. \quad \ldots \quad 96.$$

$$o^2 + 2 o p_2 + p_2^2 = \frac{2 n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} Q^3 + Const. \quad \ldots \quad 97.$$

Durch Abziehen der Gleichung 97 von 96 verschwindet die unbekannte Constante, und es entsteht die folgende Gleichung:

$$p_1^2 + 2 o p_1 - p_2^2 - 2 o p_2 = \frac{2 n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} \left[3 Q^2 (D + \delta) K l + 3 Q (D + \delta)^2 K^2 l^2 + (D + \delta)^3 K^3 l^3\right] \quad \ldots \quad 98.$$

oder, nach entsprechender Umformung,

$$p_1^2 + 2 o p_1 - p_2^2 - 2 o p_2 - \frac{2 n \mathfrak{A} l}{3 D^5} \left\{3 Q^2 + \left[3 Q + (D + \delta) K l\right] (D + \delta) K l\right\} = 0$$

und

$$p_1 = - o \pm \sqrt{o^2 + 2 o p_2 + p_2^2 + \frac{2 n \mathfrak{A} l}{3 D^5} \left\{3 Q^2 + \left[3 Q + (D + \delta) K l\right] (D + \delta) K l\right\}} \quad . \quad 99.$$

In dieser Gleichung gilt zweifellos das + Zeichen vor der Wurzel; nach Einsetzen des Werthes für $\mathfrak{A}$ aus Gleichung 93 und einigen Umformungen wird sie zu der anderen

$$p_1 = \sqrt{(o + p_2)^2 + \frac{2 \cdot 0{,}0015\ 4^2 n l}{3 \cdot 3600^2 \pi^2 D^5} \left\{3 Q^2 + \left[3 Q + (D + \delta) K l\right] (D + \delta) K l\right\}} - o \quad . \quad 100.$$

Hieraus gewinnt man, nach Einsetzen der Werthe von n und o aus 89,

für p_1 und $p_2 < 36000$:

$$p_1 = \sqrt{(1200 + p_2)^2 + \frac{l}{400\,000\, D^5} \left\{3 Q^2 + \left[3 Q + (D + \delta) K l\right] (D + \delta) K l\right\}} - 1200; \quad 101.$$

für p_1 und $p_2 > 36000$:

$$p_1 = \sqrt{(3000 + p_2)^2 + \frac{l}{370\,600\, D^5} \left\{3 Q^2 + \left[3 Q + (D + \delta) K l\right] (D + \delta) K l\right\}} - 3000. \quad 102.$$

Was den Werth $K = \frac{\pi\ (T - t)\ k}{520}$ anbelangt, so darf man denselben im Allgemeinen für nackte Röhren = 10, für eingehüllte Röhren = 2 setzen.

Beifpielsweife fei:

für nackte Röhren mit $D = 0{,}05$ m und mehr (Gufseifen) . . $\delta = 0{,}009 \,.\, 2 = 0{,}018$ m

» » » mit $D = 0{,}044$ und weniger (Schmiedeeifen) $\delta = 0{,}003 \,.\, 2 = 0{,}006$ m

» eingehüllte » mit $D = 0{,}05$ m und mehr . . . . $\delta = 0{,}009 \,.\, 2 + 0{,}03 = 0{,}048$ m

» » » mit $D = 0{,}044$ m und weniger . . . . . $\delta = 0{,}003 \,.\, 2 + 0{,}03 = 0{,}036$ m;

es fei ferner am Ende einer $l = 100$ m langen Röhrenleitung bei gröfstem Dampfbedarf $Q = 120$ kg, bei durchfchnittlichem Dampfbedarf $= 30$ kg; alsdann giebt die Formel 101 die folgenden Werthe.

α) Nackte Röhren, $l = 100$ m.

D	$Kl\,(D + \delta)$	$\frac{Kl\,(D + \delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
0,025	31	0,26	120	12 000	38 600	26 600	43,6	102,9
0,031	37	0,31	120	»	24 800	12 800	44,1	66,9
0,037	43	0,36	120	»	18 600	6 600	42,5	47,1
0,044	50	0,42	120	»	15 200	3 200	37,8	33,2
0,050	68	0,57	120	»	14 000	2 000	35,0	25,7
0,060	78	0,65	120	»	13 000	1 000	27,4	17,8
0,070	88	0,73	120	»	12 460	460	21,7	13,1
0,080	98	0,82	120	»	12 250	250	17,9	10,0
0,090	108	0,90	120	»	12 215	150	14,9	7,9
0,100	118	0,98	120	»	12 090	90	12,7	6,4

β) Nackte Röhren, $l = 100$ m.

D	$Kl\,(D + \delta)$	$\frac{Kl\,(D + \delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
0,025	31	1,03	30	10 800	17 600	6 800	36,7	28,28
0,031	37	1,23	30	»	13 200	2 400	34,2	18,40
0,037	43	1,43	30	»	12 000	1 200	28,5	12,91
0,044	50	1,66	30	»	11 400	600	23,2	9,13
0,050	68	2,26	30	»	11 240	440	22,29	7,07
0,060	78	2,60	30	»	11 040	240	17,33	4,91
0,070	88	2,93	30	»	10 913	113	14,06	3,61
0,080	98	3,26	30	»	10 867	67	11,79	2,76
0,090	108	3,60	30	»	10 842	42	10,04	2,18
0,100	118	3,93	30	»	10 828	28	6,59	1,77

γ) Gut umkleidete Röhren, $l = 100$ m.

D	$Kl\,(D + \delta)$	$\frac{Kl\,(D + \delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
0,025	12,2	0,10	120	12 000	36 100	24 100	40,11	102,9
0,031	13,4	0,11	120	»	23 400	11 400	39,92	66,9
0,037	14,6	0,12	120	»	17 300	5 300	37,60	47,1
0,044	16,0	0,13	120	»	14 600	2 600	31,52	33,2
0,050	19,6	0,16	120	»	13 450	1 450	25,16	25,7
0,060	21,6	0,18	120	»	12 610	610	20,15	17,8
0,070	23,6	0,20	120	»	12 290	290	15,37	13,1
0,080	25,6	0,21	120	»	12 150	150	12,05	10,0
0,090	27,6	0,23	120	»	12 090	90	9,70	7,9
0,100	29,6	0,24	120	»	12 040	40	8,00	6,4

δ) Gut umkleidete Röhren, $l = 100$ m.

D	$Kl\,(D + \delta)$	$\frac{Kl\,(D + \delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
0,025	12,2	0,41	30	10800	14400	3600	30,61	28,28
0,031	13,4	0,44	»	»	12200	1400	23,84	18,40
0,037	14,6	0,48	»	»	11400	600	18,29	12,91
0,044	16,0	0,53	»	»	11070	270	13,69	9,13
0,050	19,6	0,65	»	»	10960	160	11,54	7,07
0,060	21,6	0,72	»	»	10870	70	8,40	4,91
0,070	23,6	0,79	»	»	10833	33	6,45	3,61
0,080	25,6	0,85	»	»	10818	18	5,12	2,76
0,090	27,6	0,92	»	»	10810	10	4,14	2,18
0,100	29,6	0,98	»	»	10806	6	3,513	1,77

Aus den gegebenen Tabellen ift zunächft (was hier nebenfächlich) zu erfehen, welchen hohen Werth eine gute Röhrenhülle in Bezug auf Dampferfparnifs hat. Ferner erfieht man aus denfelben die Bedeutung des Wärmeverluftes für den Reibungswiderftand, fobald man die Zahlenreihen unter $p_1 - p_2$ vergleicht; endlich geht aus dem Vergleich der Zahlenreihen v_1 und v_2 hervor, wie nothwendig es ift, die allerdings unbequemen Formeln 101 u. 102 anftatt folcher zu verwenden, welche die Wärmeverlufte vernachläffigen.

Die Reihen $\frac{Kl\,(D + \delta)}{Q}$ in den Tabellen α und β, namentlich aber in β, lehren, dafs man den Dampfleitungen oft eine erheblich gröfsere Dampfmenge überliefern mufs, als die am Beftimmungsorte geforderte ift. Die Frage, welche Mittel zu ergreifen find, um die grofsen Dampfverlufte zu mindern, beantwortet die Formel 100 gleichfalls, wie die hier folgende kleine Zufammenftellung ergiebt.

l	D	$Kl\,(D + \delta)$	$\frac{Kl\,(D + \delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
100	0,025	12,2	0,10	120	37000	38500	1500	28,2	36,0
100	0,031	13,4	0,11	120	37000	37870	870	25,5	23,4

Eine Erhöhung der Endfpannung des Dampfes p_2 auf 37 000 kg oder 2,7 Atmofphären Ueberdruck vermindert den Reibungswiderftand in gut eingehüllten 25 mm weiten Röhren von 24 100 auf 1500 kg für 1 qm, ermöglicht alfo, die verlangten 120 kg Dampf mittels einer nur 25 mm weiten Röhre zu fördern.

Für den gewöhnlichen Gebrauch find die Gleichungen unbequem. Es ift nun gefunden [116]), dafs für geringen Spannungsverluft derfelbe nach dem Integral der Gleichung 87

$$dp = 0{,}0015\ \gamma\ \frac{dx}{D}\ v^2$$

fich berechnet und für das Dampfgewicht γ der mittlere Werth deffelben eingefetzt werden darf.

In der Entfernung x vom Endpunkte der Leitung beträgt die in der Röhre fich bewegende Dampfmenge Q Kilogr., welche fchliefslich in jeder Stunde abgeliefert werden foll, vermehrt um die Menge $\frac{V}{l}\,x$ Kilogr., welche von der bezeich-

116) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 718.

neten Stelle bis zum Endpunkte der Leitung noch verloren geht. V bezeichnet hierbei den gefammten ftündlichen Dampfverluft innerhalb der Röhrenlänge l.

Es ift fomit in der Entfernung x vom Ende der Leitung die fecundliche Dampfgefchwindigkeit

$$v = \frac{4}{D^2 \pi} \left(Q + \frac{V}{l} x \right) \frac{1}{3600 \, \gamma} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 103.$$

Führt man diefen Werth in Gleichung 87 ein, fo erhält man

$$dp = 0{,}0015 \, \gamma \, \frac{dx}{D} \left[\frac{4}{D^2 \pi} \left(Q + \frac{V}{l} x \right) \frac{1}{3600 \, \gamma} \right]^2 \quad . \quad . \quad . \quad 104.$$

oder, wenn man ftatt D (in Met.) d (in Centim.) einfetzt und die Zahlenwerthe zufammenzieht,

$$\int_{p = p_2}^{p = p_1} dp = \frac{1{,}876}{\gamma \, d^5} \int_{x = 0}^{x = l} \left(Q + \frac{V}{l} x \right)^2 dx \, ,$$

fonach

$$p_1 - p_2 = \frac{1{,}876}{\gamma \, d^5} \left(Q^2 + Q V + \frac{V^2}{3} \right) l \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 105.$$

Würde im Klammerausdruck diefer Gleichung ftatt $\frac{V^2}{3}$ der Werth $\frac{V^2}{4}$ ftehen, fo würde erfterer $\left(Q + \frac{V}{2} \right)^2$ bedeuten. Es ift nun $\frac{V^2}{3}$ um $\frac{1}{12}$ gröfser als $\frac{V^2}{4}$; V ift wohl immer kleiner, als Q, alfo $\frac{V^2}{12}$ höchftens $\frac{1}{36}$ des gefammten Klammerwerthes. Man wird daher unbedenklich den letzteren durch $\left(Q + \frac{V}{2} \right)^2$ erfetzen können, zumal, wenn man gleichzeitig ftatt der Vorziffer 1,876 die einfachere 1,9 einfetzt.

Der Spannungsabfall durch Reibungswiderftände, alfo derjenige einer geraden oder nach grofsen Krümmungshalbmeffern gebogenen Röhre beträgt fomit

$$p_1 - p_2 = \frac{1{,}9 \, l}{\gamma \, d^5} \left(Q + \frac{V}{2} \right)^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 106.$$

Aus diefer Gleichung ift nun zu fehen, dafs man zu demfelben Ergebniffe gekommen fein würde, wenn man für die in der Leitung zu fördernde Dampfmenge deren Durchfchnittsbetrag, das arithmetifche Mittel der Anfangsmenge und der fchliefslich abgelieferten, in Rechnung gefetzt hätte.

Man gelangt auf gleichem Wege zu dem Ergebniffe, dafs auch die durch fchroffe Ablenkungen des Stromes entftehenden Widerftände — fo fern diefelben auf die ganze Länge l im Wefentlichen gleichartig vertheilt find — auf diefe mittlere Dampfmenge $Q + \frac{V}{2}$ bezogen werden können.

Diefe Widerftände (vergl. Art. 178, S. 161) betragen

$$\Sigma \xi \cdot \gamma \, \frac{v^2}{2g} = \frac{0{,}8}{\gamma \, d^4} \, \Sigma \xi \left(Q + \frac{V}{2} \right)^2 , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 107.$$

fonach die Gefammtwiderftände, indem man die Werthe aus 106 u. 107 zufammenzählt,

$$p_1 - p_2 = (1{,}9 \, l + 0{,}8 \, d \, \Sigma \xi) \, \frac{\left(Q + \frac{V}{2} \right)^2}{\gamma \, d^5} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 108.$$

Hieraus leitet ſich die am Ende zur Ablieferung gelangende Dampfmenge Q ab zu

$$Q = \sqrt{\frac{(p_1 - p_2)\,\gamma\, d^5}{1{,}9\, l + 0{,}8\, d\, \Sigma\, \xi}} - \frac{V}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 109.$$

Will man ſtatt der ſtündlich gelieferten Dampfmenge Q (in Kilogr.) mit der gleichwerthigen Wärmemenge W rechnen, ſo iſt ſtatt Q einzuſetzen $\frac{W}{w}$, wenn w die Wärmemenge bedeutet, die 1 kg Dampf liefert (ſiehe auch Kap. 10, unter c, 3).

d) Mittel zum Bewegen der Flüſſigkeiten.

187. Mittel.

Die Bewegungswiderſtände können überwunden werden, indem man abſichtlich den oben erwähnten Auftrieb erzeugt, die lebendige Kraft der bewegten freien Luft, des Windes benutzt, Flüſſigkeiten mit entſprechenden Spannungen mittels Strahler auf die zu bewegende Flüſſigkeit wirken läſſt, oder endlich, indem man feſte Flächen zum Fortſchieben der zu bewegenden Flüſſigkeiten verwendet. Ein fünftes Mittel, welches zur Bewegung des Dampfes verwendet wird und lediglich die Erzeugung der erforderlichen Dampfſpannung bedingt, bedarf nur der Erwähnung.

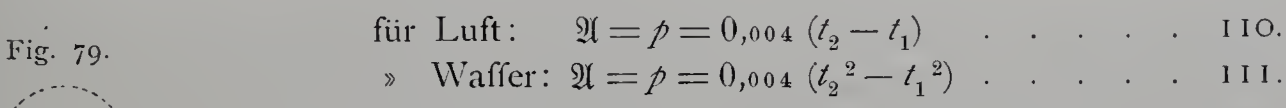
1) Bewegen der Flüſſigkeiten durch Auftrieb.

188. Auftrieb durch Er-, bezw. Entwärmung.

Der Auftrieb kann ſowohl im poſitiven, als auch im negativen Sinne gebraucht werden, indem durch Erwärmen der Flüſſigkeit der poſitive Auftrieb, die nach oben treibende Kraft erzeugt wird, während durch Abkühlen der Flüſſigkeit eine Kraft gewonnen wird, die zum Bewegen in niedergehender Richtung benutzt werden kann. Die Erwärmung, bezw. Abkühlung kann innerhalb derjenigen Temperaturen ſtattfinden, welche eine Aenderung des Zuſammenhangszuſtandes der Flüſſigkeit ausſchlieſsen, oder ſie kann bis zur Aenderung deſſelben, ſo daſs die elaſtiſche Flüſſigkeit tropfbar wird oder umgekehrt, getrieben werden.

Vorerſt mag die Rede ſein von dem durch mäſsige Er-, bezw. Entwärmung hervorgebrachten Auftrieb.

Nach Formel 84 u. 85 iſt derſelbe



für Luft: $\mathfrak{A} = p = 0{,}004\,(t_2 - t_1)$ . . . . . 110.

» Waſſer: $\mathfrak{A} = p = 0{,}004\,(t_2{}^2 - t_1{}^2)$ . . . . . 111.

Fig. 79.

Zu denſelben Formeln gelangt man, wenn man den Canal der Fig. 79 ſich, wie durch Punktirung angedeutet, durch einen U-förmig gebogenen Canal zu ſog. »communicirenden Röhren« vervollſtändigt denkt, bei welcher die oberen Oeffnungen beider Canalſchenkel unter gleichem Druck ſtehen, ſei es, daſs ſie hier einem und demſelben Atmoſphärendruck ausgeſetzt ſind, ſei es, daſs ſie auch oben mit einander verbunden ſind.

Vermöge der Kraft $\mathfrak{A}$ wird, wenn $t_2 > t_1$ iſt, die t_2 Grad warme Flüſſigkeit emporſteigen und über den Rand B des Canales oder der Röhre AB (Fig. 79) abflieſsen, während zu gleicher Zeit in der Röhre $A_1 B_1$ oder dem dieſe erſetzenden Raume die t_1 Grad warme Flüſſigkeit niederſinkt. Soll dieſer Umlauf dauernd erhalten bleiben, ſo muſs offenbar bei A eine Erwärmung von t_1 auf t_2, bei B_1 eine Abkühlung von t_2 auf t_1 ſtattfinden. Der betreffende Temperatur-Austauſch kann längs eines gröſseren Theiles der Höhe h ſtattfinden, oder auch innerhalb eines ſehr kleinen Theiles derſelben. Im letzteren Falle iſt die in Rechnung zu

ſtellende Höhe h ohne Weiteres zu finden; im erſteren Falle muſs ſie noch geſucht werden.

Die Erwärmung erfolge bei A (Fig. 79) mittels einer Heizfläche $a\,b$ (Fig. 80 u. 81). Die wärmeabgebende Flüſſigkeit habe die Temperaturen T_1 und T_2, welche gröſser ſind, als die Temperaturen t_1 und t_2 derjenigen Flüſſigkeit, welche $a\,b$ an der entgegengeſetzten Seite berührt. Die Erwärmung der links von $a\,b$ befindlichen Flüſſigkeit möge nun durch die Fläche $a\,b\,c\,a_1$ dargeſtellt ſein, in welcher $a\,a_1 = t_1$, d. h. gleich der Anfangs-Temperatur, $b\,c = t_2$, d. h. gleich der End-Temperatur iſt. Der Verlauf der Linie $a_1\,c$ iſt ein verſchiedener. Sobald die beiden wärmeaustauſchenden Flüſſigkeiten in entgegengeſetzter Richtung ſich bewegen (Fig. 80, Gegenſtrom), ſo kann der Sonderfall eintreten, daſs $T_2 - t_1 = T_1 - t_2$ und in derſelben Weiſe der Temperatur-Unterſchied längs der ganzen Höhe h_1 unverändert bleibt;

Fig. 80.

Fig. 81.

alsdann nimmt die Temperatur der links von $a\,b$ aufſteigenden Flüſſigkeit für jeden Theil der Höhe h_1 derſelben Gröſse um gleich viel zu, d. h. die Linie $a_1\,c$ wird eine gerade. Iſt bei Gegenſtrom $T_1 - t_2 < T_2 - t_1$, ſo fällt die Krümmung $a_1\,c$ links; iſt dagegen $T_1 - t_2 > T_2 - t_1$, ſo fällt ſie rechts der geraden Linie $a_1\,c$.

Bei Gleichſtrom (Fig. 81) iſt der Temperatur-Unterſchied bei b immer kleiner, als bei a, eben ſo, wenn T unverändert bleibt (Einſtrom); folglich muſs in dieſen beiden Fällen die krumme Linie $a_1\,c$ immer auf die linke Seite der geraden Linie fallen. Wenn man daher bei Berechnung des Auftriebes innerhalb der Höhe h_1 annimmt, daſs $a_1\,c$ mit der geraden Linie zuſammenfällt oder die mittlere Temperatur, durch die Länge $e\,d$ dargeſtellt, gleich $\frac{t_1 + t_2}{2}$ ſei, ſo erhält man in den meiſten Fällen einen kleineren Werth für die Gröſse des Auftriebes, als in Wirklichkeit eintritt; man geräth daher nur ſehr ſelten in die Gefahr, den Auftrieb gröſser in Rechnung zu ſtellen, als derſelbe wirklich iſt. Es mag daher im Folgenden immer die mittlere Temperatur innerhalb h_1 zu $\frac{t_1 + t_2}{2}$, bezw. das

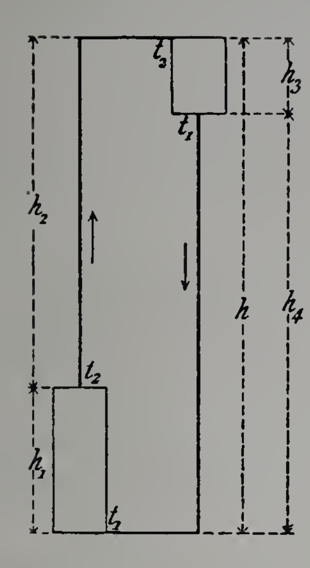


Fig. 82.

Einheitsgewicht der in der Höhe h_1 befindlichen Flüſſigkeit gleich

$$1{,}3 - 0{,}004 \frac{t_1 + t_2}{2} \text{ für Luft}$$

und

$$1000 - 0{,}004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} \text{ für Waſſer}$$

geſetzt werden. Für beſondere Fälle wird man eine, beiläufig bemerkt, recht umſtändliche Rechnung anwenden müſſen.

Für die Berechnung des Gewichtes innerhalb der Höhe h_3 (Fig. 82), innerhalb welcher die Abkühlung von t_2 Grad auf t_1 Grad ſtattfindet, iſt genau daſſelbe Verfahren anzuwenden, ſo dafs für den Auftrieb, welcher der ſchematiſchen Anordnung Fig. 82 eigen iſt, folgender Ausdruck gewonnen wird. Für Luft:

$$\mathfrak{A} = h_3 \left(1{,}3 - 0{,}004 \frac{t_1 + t_2}{2}\right) + h_4 (1{,}3 - 0{,}004\, t_1) - h_1 \left(1{,}3 - 0{,}004 \frac{t_1 + t_2}{2}\right)$$

$$- h_2 (1{,}3 - 0{,}004\, t_2) = 0{,}004 \left[(h_1 - h_3) \frac{t_1 + t_2}{2} + h_2 t_2 - h_4 t_1\right],$$

und, da $h_1 - h_3 = h_4 - h_2$, endlich

$$\mathfrak{A} = 0{,}002\, (h_4 + h_2)(t_2 - t_1); \quad \ldots \ldots \quad 112.$$

für Waſſer:

$$\mathfrak{A} = h_3 \left(1000 - 0{,}004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2}\right) + h_4 (1000 - 0{,}004\, t_1^2) - h_1 \left(1000 - 0{,}004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2}\right)$$

$$- h_2 (1000 - 0{,}004\, t_2^2) = 0{,}004 \left[(h_1 - h_3) \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} + h_2 t_2^2 - h_4 t_1^2\right]$$

$$\mathfrak{A} = 0{,}002\, (h_4 + h_2)(t_2^2 - t_1)^2 \quad \ldots \ldots \quad 113.$$

Erwähnenswerth iſt der beſondere Fall, dafs $h_3 = h_1$, ſomit $h_2 = h_4$ iſt. Alsdann entſteht, wenn man $h_2 = h_4 = h =$ der lothrechten Entfernung der Mitten beider Flächen ſetzt

$$\text{für Luft: } \mathfrak{A} = 0{,}004\, h\, (t_2 - t_1) \quad \ldots \ldots \quad 114.$$

$$\text{« Waſſer: } \mathfrak{A} = 0{,}004\, h\, (t_2^2 - t_1^2) \quad \ldots \ldots \quad 115.$$

Iſt alſo der wärmeabgebende Körper ſo hoch wie der wärmeaufnehmende, ſo iſt als einzige Höhe die Entfernung der Mitten der in Frage kommenden Körper einzuſetzen, wodurch die Rechnung weſentlich erleichtert wird.

Nicht ſelten findet die Erwärmung ſowohl, als auch die Abkühlung nicht je an einer Stelle, ſondern an mehreren auf einander folgenden Orten ſtatt. Alsdann ſind offenbar die Höhen weiter zu zerlegen, im Uebrigen ſo zu verfahren, wie vorhin.

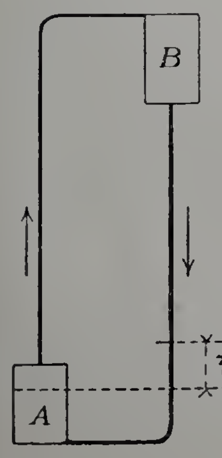


Fig. 83.

Das mit Hilfe der Gleichungen 112 bis 115 gewonnene $\mathfrak{A}$ iſt nun der Summe der Widerſtände gleich zu ſetzen, um die Bedingungen zu finden, unter denen der Auftrieb im Stande iſt, die geforderte Bewegung hervorzubringen.

189.
Auftrieb
bei Dampfheizungen.

Eine beſondere Art der Verwendung des Auftriebes kommt bei Dampfheizungen vor. Es bezeichne A (Fig. 83) den Dampferzeuger, B den Wärmeſtrahler; der Dampf ſtrömt nach oben, während das gebildete Waſſer zum Dampferzeuger zurückkehrt. In der Rücklaufröhre wird nun nothwendigerweiſe der Waſſerſpiegel

um eine Gröfse z höher ftehen, als im Dampferzeuger, welche Gröfse in derfelben Weife berechnet werden kann, wie der Auftrieb bisher berechnet wurde. Da jedoch das Gewicht des Dampfes gegen das Gewicht des Waffers verfchwindet, fo ift das einfachere Verfahren im Gebrauch, und es ift zuläffig, die Wafferfäule z (in Millim.) der Summe der Widerftände, welche beim Umlauf der Flüffigkeit auftreten, gleich zu fetzen.

190. Benutzung des Auftriebes.

Der Auftrieb wird, wie fo eben erwähnt, benutzt, um den in niedriger gelegenen Räumen erzeugten Dampf nach höher gelegenen zu fördern; er findet Anwendung zur Fortbewegung erwärmten Waffers, deffen Wärme man in höher gelegenen Räumen benutzen will; er ift faft immer die treibende Kraft, um die an Heizflächen erwärmte Luft dem zu erwärmenden Raume zuzuführen und die hier abgekühlte zu den Heizflächen zurückzuholen; er dient auch in vielen Fällen zur Herbeiführung des Luftwechfels.

Zu dem Ende kann man die frifche Luft erwärmen oder abkühlen, je nachdem die Temperatur des zu lüftenden Raumes eine höhere oder niedrigere, als die des Freien ift. Bei annähernd gleichen Temperaturen des Freien und des Zimmerinneren ift der Auftrieb gering oder gleich Null, fo dafs er hier die zuletzt genannte Verwendung nicht finden kann; gröfsere Temperatur-Unterfchiede bringen dagegen genügende Kräfte hervor. Man ift fonach in der Benutzung des Auftriebes, fo weit derfelbe durch Temperaturänderung der frifchen Luft hervorgebracht wird, von den zufälligen Temperaturen des Freien abhängig, wefshalb auf diefem Wege keine zuverläffige Lüftung hervorgebracht werden kann.

191. Sauglüftung.

Indem man die aus dem zu lüftenden Raume abzuführende Luft erwärmt und in einen entfprechend hohen Schlot treten läfft, kann man ohne Schwierigkeit einen Auftrieb erzeugen, welcher nicht allein die Widerftände in diefem Abführungs-Canal zu überwinden, fondern auch die Spannung in dem betreffenden Raume fo weit zu vermindern vermag, dafs der äufsere Luftdruck die frifche Luft durch geeignete Canäle eintreibt. Man nennt die lothrechten Schachte, welche den entfprechenden Auftrieb im vorliegenden Sinne hervorzubringen haben, Lüftungs- oder Lockfchornfteine, wohl auch Saugeffen oder Saugfchlote, und die Art des Lüftens Lüftung durch Saugen oder Afpiration. Es wird von denfelben weiter unten eingehender die Rede fein.

2) Bewegen der Luft durch den Wind.

192. Werthfchätzung diefes Mittels.

Der Gedanke, die lebendige Kraft des Windes zum Hervorbringen des Luftwechfels zu benutzen (nur hierfür wird der Wind benutzt), liegt fehr nahe; es erfcheint gleichfam felbftverftändlich, diefes von der Natur koftenfrei gelieferten Mittels fich für Zwecke der Reinigung unferer Häufer zu bedienen, wie es zum Betriebe der Windmühlen und zum Forttreiben der Schiffe benutzt wird. Die Erinnerung an die beiden zuletzt genannten Verwendungsarten mahnt jedoch fchon zur Vorficht, indem die Dampfmafchine in fehr vielen, wenn nicht in den meiften Fällen, fobald alle Umftände in Betracht gezogen werden, eine billigere Betriebskraft zu liefern vermag, als der Wind.

Wenn man beachtet, welche aufmerkfame Bedienung durch Menfchenhand erforderlich ift, um die Unregelmäfsigkeiten des Windes für die Benutzung deffelben bei Windmühlen und Segelfchiffen in erträglichem Mafse auszugleichen, eine Bedienung, welche die Benutzung deffelben für Lüftungszwecke zu einer recht theueren

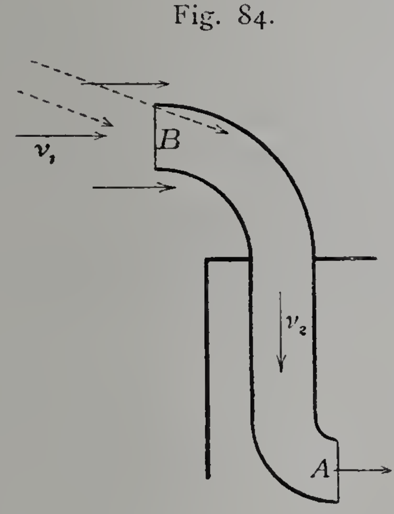
macht, wenn man ferner bedenkt, dafs bei ftarken Luftftrömungen im Freien der zufällige Luftwechfel durch die Poren der Wände, in fehr vielen Fällen wenigftens, eine künftliche Lüftung unnöthig macht, bei ruhiger Luft aber die auf Benutzung des Windes begründeten Lüftungseinrichtungen unwirkfam werden; fo bedarf es keiner eingehenden Ueberlegung, um zu erkennen, dafs der Wind für den vorliegenden Zweck nur in einzelnen Fällen ein willkommenes Mittel zum Bewegen der Luft fein kann.

Aus diefem Grunde werde ich nur eine kleine Auswahl einfchlägiger Einrichtungen befchreiben, von einer rechnungsmäfsigen Behandlung derfelben aber ganz abfehen.

193. Einblafen der Luft.

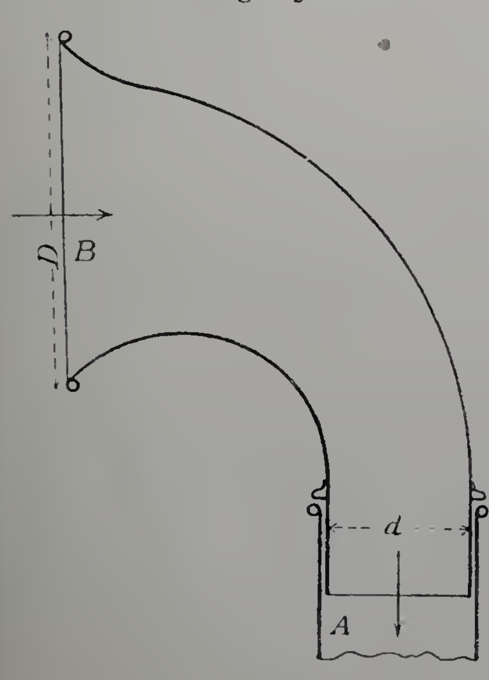
Die unmittelbarfte Benutzung des Windes zum Einblafen der Luft, alfo zum Bewegen der frifchen Luft, findet ftatt, indem man die Luftleitungsröhre AB (Fig. 84) mit ihrem Ende B fo gegen den Wind richtet, dafs die Windrichtung mit der Axe des offenen Röhrenendes zufammenfällt. Würden der Bewegung der Luft in der Röhre AB und eben fo an der Mündung A keine Hemmniffe bereitet, fo würde die Gefchwindigkeit v_2 in der Leitung der Gefchwindigkeit v_1 des Windes gleich fein. Die angedeuteten Hemmniffe find jedoch vorhanden, fo dafs zur Ueberwindung derfelben die lebendige Kraft $\frac{m\,v_1^2}{2} - \frac{m\,v_2^2}{2}$ verbraucht wird, wenn m die Maffe der fecundlich in Frage kommenden Luftmenge bedeutet. Es mufs fomit $v_2 < v_1$ fein; folglich tritt den Widerftänden noch der Druckverluft durch Stofs an der Mündung B der Röhre hinzu.

Fig. 84.



Um eine gröfsere Gefchwindigkeit v_2, als die durch Fig. 84 wiedergegebene Einrichtung geftattet, hervorzubringen, erweitert man die Mündung B der Röhre trichterförmig, wie Fig. 85 erkennen läfft, fo dafs der Unterfchied der lebendigen Kräfte nicht mehr $\frac{m}{2}\left(v_1^2 - v_2^2\right)$, fondern $\frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_2 v_2^2}{2}$ wird, in welchem Ausdrucke m_1 die Maffe der auf den Durchmeffer D treffenden Luft, m_2 die Maffe derjenigen Luftmenge bezeichnet, welche die Röhrenweite d durchftrömt. Die in Fig. 85 dargeftellte Form hat nebenbei noch den Vortheil, bei wechfelnder Neigung des Windes gegen die Wagrechte, welche (wie in Fig. 84 punktirt angedeutet) bei der erftgenannten Anordnung die Wirkfamkeit fchwächt, den Zutritt des Windes zu erleichtern.

Fig. 85.



Der trichterförmig erweiterte Kopf B ift in der feften Röhre A drehbar, um die Mündung der wechfelnden Windrichtung folgen laffen zu können. Das entfprechende Einftellen erfordert regelmäfsige Beauffichtigung; man findet den Kopf in Fig. 85 defshalb faft nur auf Schiffen, wo das Richten des Kopfes Seitens der Mannfchaft gelegentlich beforgt wird, und bei Eifenbahnzügen, deren Gefchwindigkeit meiftens gröfser ift, als diejenige des Windes, fo dafs die hier zur Verwendung kommende gegenfätzliche Gefchwindigkeit der Luft angenähert der Fahrtrichtung ent-

gegen gerichtet ift, alfo die Einftellung des Kopfes nur felten erforderlich wird.

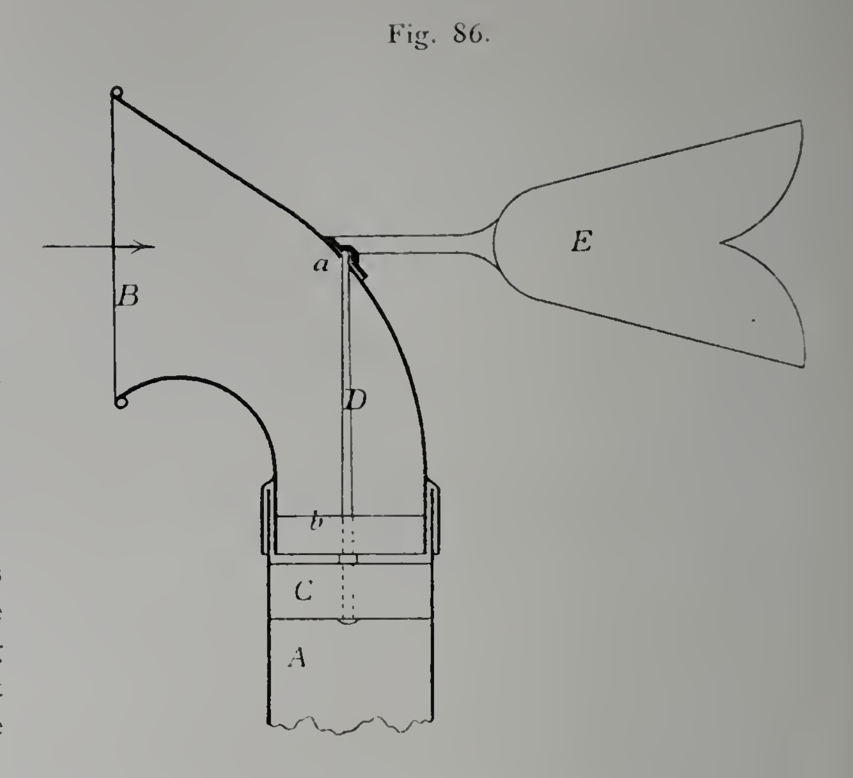


Fig. 86.

Der Kopf, welchen Fig. 86 im lothrechten Schnitt darftellt, dreht fich felbftthätig nach dem Winde.

Zu dem Ende ift mit der feften Röhre A der Steg C und die Spindel D feft verbunden. Der Kopf B ftützt fich mit Hilfe der Pfanne a auf die Spitze, mit Hilfe des Steges b, der in der Mitte eine geeignete Bohrung befitzt, am Fufs der Spindel, fo dafs er fich um D leicht zu drehen vermag. Die Fahne E wird Seitens des Windes einfeitig getroffen, fo fern die Mündung des Kopfes B der Windrichtung nicht gehörig entgegengefetzt ift, und dreht in Folge deffen den Kopf in die richtige Lage.

194.
Abfaugen der Luft.

Das Abfaugen der Luft findet mit Hilfe ähnlicher Köpfe ftatt.

Beim Kopfe in Fig. 87 ift die Mündung B der Luftröhre AB vom Winde ab gerichtet. Indem der Wind rings um den Rand in feiner bisherigen Richtung hervorftrömt, reiben fich die Theilchen deffelben, welche mit der hinter der Mündung B (nämlich bei C) befindlichen Luft fich berühren, an diefer und veranlaffen fie, unter Verluft an eigener Gefchwindigkeit, fich an ihrer Bewegungsrichtung fowohl, als auch an ihrer neuen Gefchwindigkeit zu betheiligen. Es wird hierdurch der Druck vor der Mündung verringert, fo dafs der Druck am entgegengefetzten Ende der Leitung die Luft durch die Leitung treibt. In Folge des Zufammentreffens der mit der Gefchwindigkeit v_2 die Mündung B verlaffenden Luft mit dem Winde, welcher fich mit der gröfseren Gefchwindigkeit v_1 bewegt, entftehen, aufser der beabfichtigten Wirkung, Wirbelungen, die zu Verluften an lebendiger Kraft führen und die Leiftung beeinträchtigen. Letztere hängt, wie leicht zu überfehen, nicht allein von der Gröfse der Gefchwindigkeit v_1 und dem foeben erwähnten Verluft durch Wirbelungen, fondern auch von der Gröfse der Berührungsfläche zwifchen bewegter und zu bewegender Luft ab.

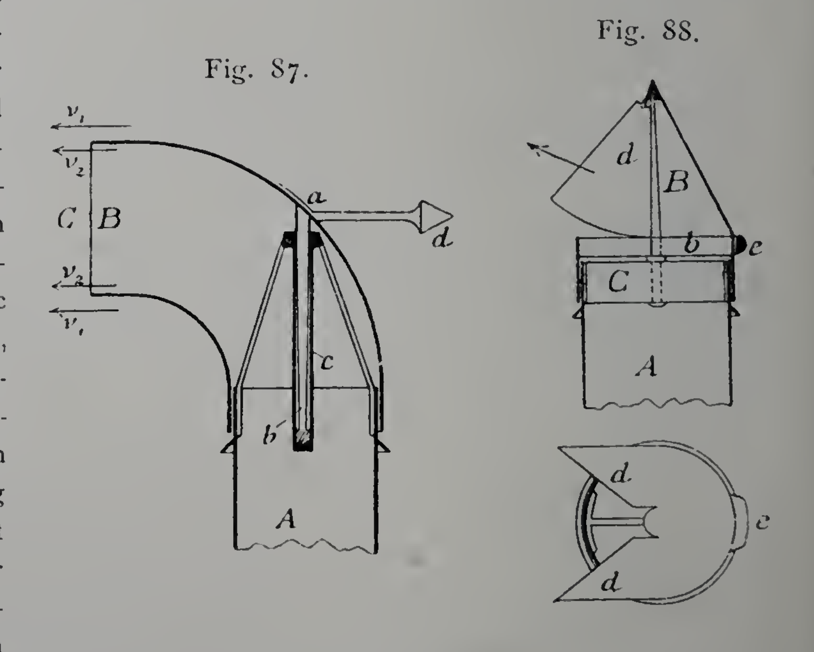


Fig. 87.
Fig. 88.

195.
Drehbare Luftfauger.

Der Kopf in Fig. 87 dreht fich felbftthätig nach der Windrichtung. Zu dem Ende ift an dem Kopf eine Spindel ab befeftigt, deren unteres Ende am Boden, deren obere Rundung im oberen Ende der mit der feften Röhre A verbundenen engen Röhre c Stützung findet. Die Spitze d nebft deren Verbindungsftück dient zur Gewichtsausgleichung des drehbaren Kopfes, fo dafs die Reibung der Spindel im Halslager eine möglichft geringe ift.

Fig. 88 ftellt einen anderen drehbaren Saugkopf im Grundrifs und lothrechten Schnitt dar. Hier befteht der drehbare Kopf B aus einem Blechkegel, deffen Wand, nachdem man zwei wagrechte und einen lothrechten Schnitt in derfelben angebracht hat, aufgebogen ift, fo dafs diefe Wandttheile d, d mit der Windrichtung gleichlaufend find. In der feften Röhre A ift, mit Hilfe des Steges C, eine Spindel befeftigt, deren Spitze den drehbaren Kegel B an deffen Spitze und deren unterer runder Theil, unter Vermittelung des Steges b, die Grundlinie des Kegels ftützt und führt. e bezeichnet ein Gegengewicht zur Ausgleichung des durch das Ausbiegen der Lappen d, d einfeitig gewordenen Gewichtes des drehbaren Kegels.

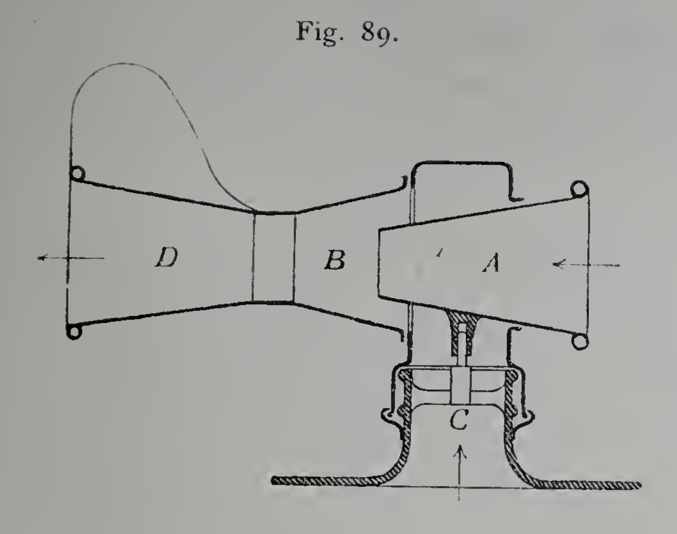


Fig. 89.

Luftfauger von *Körting*.

In vortheilhafterer Weife, als bei den befchriebenen Köpfen, wird die lebendige Kraft durch den *Körting*'fchen Saugkopf[117]) (Fig. 89) ausgenutzt.

Der Theil ABD dreht fich, unter Vermittelung eines auf D befeftigten Flügels, um einen Zapfen des feften Theiles C, welcher im vorliegenden Falle fo geftaltet ift, wie er bei Eifenbahnwagen Verwendung findet. Der Wind tritt in die Düfe A, berührt die angefaugte Luft bei B von innen und ftrömt mit diefer durch die Verengung zwifchen B und D, fo dafs die ungleichen Gefchwindigkeiten fich möglichft ausgleichen. An der Mündung von D findet abermals eine Saugwirkung Seitens des an der Aufsenfeite des Saugkopfes entlang ftrömenden Windes ftatt.

Unter vielen ähnlichen Saugköpfen nenne ich hier noch diejenigen von *Banner*[118]).

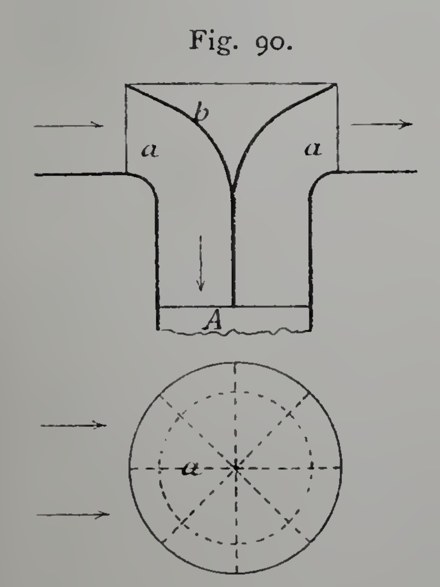
196. Unbewegliche Saug- und Blasköpfe.

Die drehbaren Saug- und Einblasköpfe leiden an grofser Abnutzung, da fie faft ausnahmslos den Unbilden der Witterung ausgefetzt find. Namentlich werden die Zapfen und Lager fehr bald ausgefchliffen, indem die Oberflächen derfelben verroften und der Roft leicht abgerieben wird. Man hat defshalb die Zapfen und Lager häufig aus Glas oder Quarz angefertigt, dadurch aber den Preis der Köpfe nicht unwefentlich erhöht. Diejenigen Köpfe, welche ohne bewegliche Theile find, jedoch Aehnliches leiften, wie die drehbaren Köpfe, werden daher im Allgemeinen vorgezogen; man bezeichnet fie häufig mit dem Namen Deflectoren, auch Ein-, bezw. Auslenker.

Diefelben haben die Aufgabe, die Windrichtung fo abzulenken, dafs diefelbe entweder blafend oder faugend zu wirken vermag.

Fig. 90 verfinnlicht einen feften Kopf im lothrechten Schnitt und Grundrifs, welcher bei jeder Richtung des Windes letzteren in den zu lüftenden Raum lenken foll. Im oberen erweiterten Theile der Röhre A find Wände a angebracht, welche fich an den als Drehfläche geftalteten Deckel b anfchliefsen. Indem der in der Richtung der links von der Figur gezeichneten Pfeile den Kopf treffende Wind gegen die Fläche b, bezw. die Wände a trifft, wird derfelbe nach unten abgelenkt. Gleichzeitig faugt, in früher erörterter Weife, der am Kopf vorbeiftrömende Wind an den vom Winde ab, hier rechts liegenden Oeffnungen. Da indeffen die Saugwirkung geringer ausfallen wird als die Druckwirkung, fo vermag der abfteigende Luftftrom unter Verluft eines Theiles feiner Gefchwindigkeit die Saugwirkung zu überwinden, fo dafs die Luft der Röhre A thatfächlich die abwärts gerichtete Bewegung ausführt; die Leiftung des Kopfes kann jedoch niemals grofs fein.

Fig. 90.



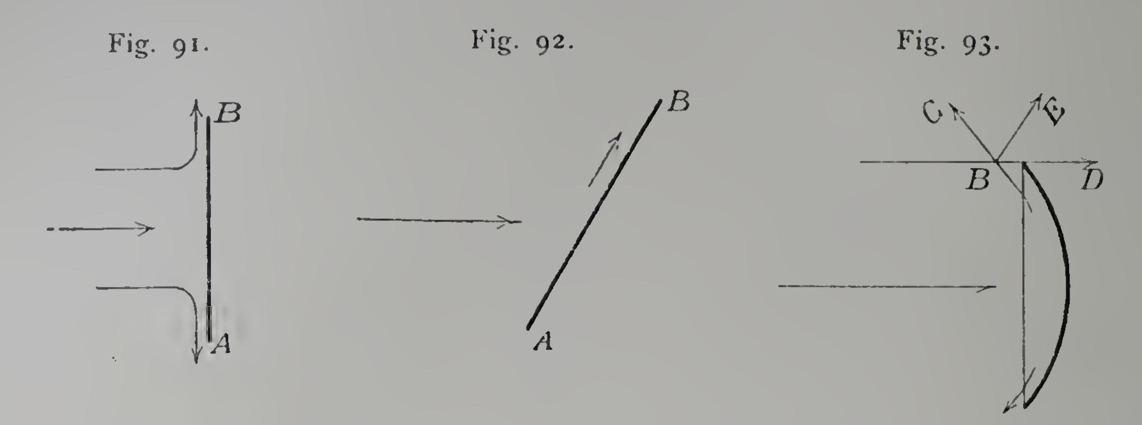
Ein Luftftrom, welcher winkelrecht gegen eine ebene Fläche AB (Fig. 91) ftöfst, verliert feine Gefchwindigkeit in feiner bisherigen Bewegungsrichtung; die lebendige Kraft verwandelt fich in Druck, welcher die Luft nach allen Seiten längs der ebenen Platte AB fortfchiebt. Diefe Ablenkungsart wird für viele Saugköpfe benutzt, indem man den Windftrom winkelrecht gegen eine ebene Fläche, wie in Fig. 91, geneigt gegen eine folche, wie in Fig. 92, oder gegen er-

117) Vergl.: Reder. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. für Hannover 1854, S. 307.

118) Siehe: *Iron*, Bd. 8, S. 424; Bd. 15, S. 307.

habene oder hohle Flächen, wie in Fig. 93, führt. Vielfach wird jedoch die Saugwirkung an den Rändern der Flächen überschätzt; in dem Falle der Fig. 93 bewegt sich die auf die Fläche *A B* treffende Luft zwar zunächst längs der Fläche, z. B. nach

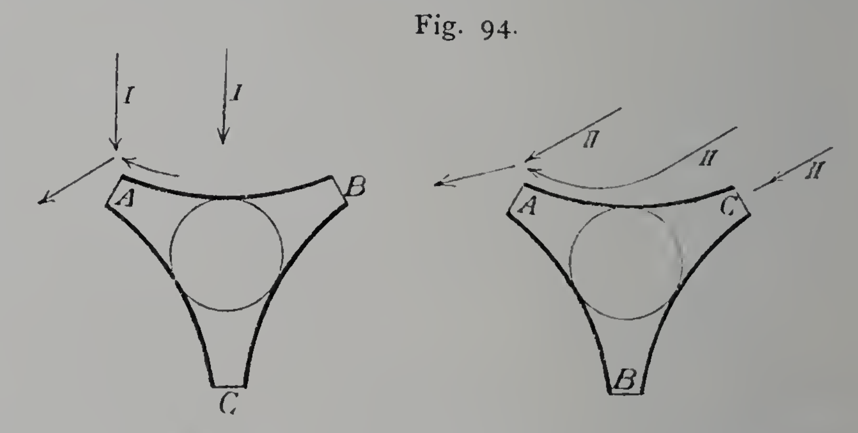
Fig. 91. Fig. 92. Fig. 93.



dem Punkte *B*; in Folge anderer Windtheile, welche am Rande der in Rede stehenden Fläche vorbei zu strömen suchen, wird aber die Richtung abgelenkt.

Die Saugwirkung des dreieckigen Kopfes, dessen Einrichtung die wagrechten Schnitte in Fig. 94 versinnlichen, ist daher ziemlich gering, so lange der Wind im Sinne der Pfeile *I* gegen denselben trifft, indem an den Spalten *A* und *B* der Wind nur in ungünstiger Weise zu saugen vermag. Die Pfeilrichtung *II* beeinflusst die Spalten *A* und *B* in vortheilhafterer Art, während durch den Spalt *C* geradezu Luft eingeblasen wird. Der in Rede stehende Saugkopf, so wie seine Abarten sind sonach wenig zu empfehlen; ich begnüge mich daher, in Bezug auf derartige Köpfe auf die unten angezogene Quelle [119]) zu verweisen.

Fig. 94.



Vortheilhafter ist die Wirkung der einfachen, aussen glatten Röhre (Fig. 95), so lange der Wind winkelrecht oder gegen die lothrechte Röhre in steigender Richtung trifft. *Wolpert* [120]) giebt folgende Versuchsergebnisse, welche gewonnen wurden, indem ein Luftstrom winkelrecht gegen eine lothrechte Röhre geführt wurde:

Röhrenweite .	0,02				0,04				0,06				0,092		Meter
Geschwindigkeit des Windes	31	17,6	12	8	31	18,4	12	8	31	17,6	12	8	28,3	12	Meter
Geschwindigkeit der Luft in der Röhre	22	12,4	10,4	5,6	23,6	12,4	10,4	5,6	17,6	9,6	8,8	4,8	16,8	8,8	Meter
Verhältniss: einzeln . . .	0,71	0,70	0,86	0,70	0,76	0,67	0,86	0,70	0,57	0,54	0,73	0,60	0,59	0,73	
im Mittel . .	0,72				0,75				0,61				0,66		

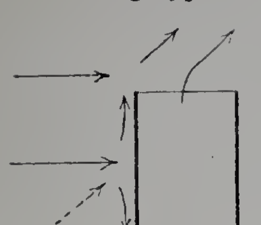
Die einfache Röhre wird untauglich, sobald, was häufig der Fall ist, der Wind in nach unten geneigter Richtung gegen dieselbe stösst.

Der *Wolpert*'sche Saugkopf (Fig. 96) ist für alle möglichen Windrichtungen geeignet, eine, wenn auch geringere Saugwirkung zu erzeugen. In den gemauerten Schacht *A* ist die Röhre *B* gesteckt, welche den hohlen Drehkörper *C* und schliesslich die Deckplatte *D* trägt. Der wagrechte Wind (ausgezogene,

119) Boyle. *Iron*, Bd. 11, S. 552 — ferner: Banner. *Iron*, Bd. 13, S. 308.

120) Siehe: Zeitschr. f. Biologie 1877, S. 406.

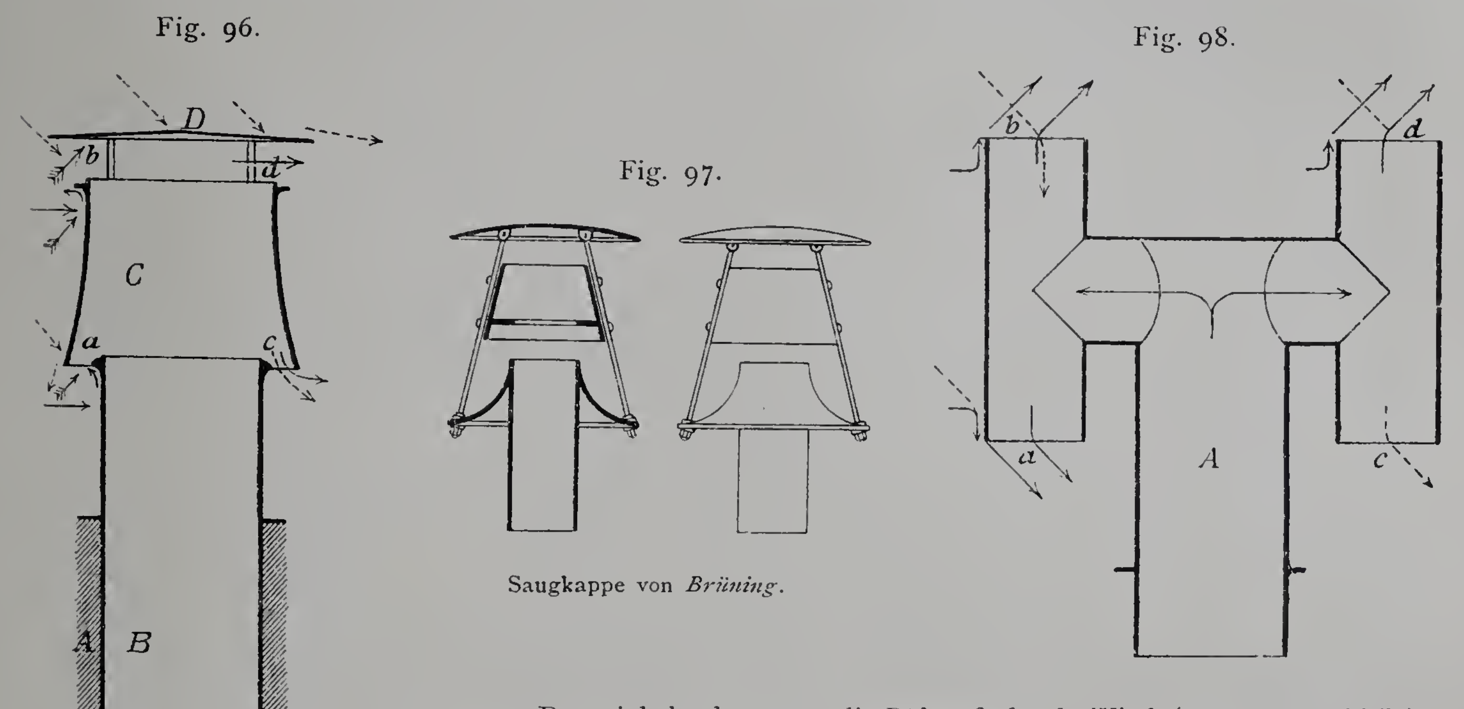
Fig. 95.



einfache Pfeile) hemmt an den Stellen *a* und *b* der ringförmigen Spalte das Eintreten deffelben, während er bei *c* und *d* faugend wirkt; der nach unten geneigte Wind (punktirte Pfeile) faugt bei *d*, *a* und *c*, während — je nach der Neigung des Windes — ein Theil deffelben bei *b* in den Kopf einzudringen vermag; der nach oben geneigte Wind endlich (ausgezogene, gefiederte Pfeile) läfft mehr oder weniger grofse Luftmengen bei *a* und *b* eintreten, während bei *c* und *d* die Luft aus dem Kopf gefaugt wird [121]).

Die einfache Röhre ift in der Zufammenftellung, welche Fig. 98 wiedergiebt, ebenfalls zur Benutzung folchen Windes geeignet, welcher nicht winkelrecht gegen diefelbe ftöfst. Beifpielsweife bringt die (durch punktirte Pfeile angedeutete) Windrichtung ein Saugen bei *a* und *c* hervor, während von der Oeffnung *b* aus ein Theil des Windes nach der Saugröhre *A* zu gelangen

Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98.



Luftfauger von *Wolpert*.

Saugkappe von *Brüning*.

vermag. Der winkelrecht gegen die Röhre ftofsende Wind (ausgezogene Pfeile) faugt an den vier Oeffnungen *a*, *b*, *c* und *d*. — *Knigar* in Hannover hat eine gröfsere Zahl der lothrechten Röhren *ab*, bezw. *cd* rings um die Saugröhre *A* angebracht [122]); jedoch liegen keine Verfuchsergebniffe über die Leiftung des Kopfes vor.

Günftig wird auch *Brüning*'s Saugkappe beurtheilt [123]), welche Fig. 97 in Schnitt und Anficht darftellt. Einer Erläuterung bedarf die Abbildung nicht.

[121]) Die Ergebniffe der durch *Wolpert* felbft mit dem befchriebenen Kopf angeftellten Verfuche find, nach voriger Quelle, folgende:

Röhrenweite.	Windrichtung.	Windgefchwindigkeit.	Luftgefchwindigkeit in der Röhre *B*.	Verhältnifs	
				einzeln	im Mittel
0,04	wagrecht	34,8 17,6 12,4	18,4 9,6 6,8	0,53 0,54 0,55	0,54
»	30 Grad von oben	34,6 17,6 12,4	22,6 12,4 8,0	0,65 0,70 0,64	0,67
»	60 » von oben	33,5 17,6 12,4	22 12,4 8,8	0,66 0,70 0,71	0,69
»	90 » von oben	33,5 18 10,4	17,6 10,4 6,8	0,52 0,58 0,65	0,58
»	30 » von unten	33,5 16,8 12	14,4 6,8 3	0,43 0,40 0,25	0,36
»	60 » von unten	32,9 16,8 12	4,8 9,6 0	0,15 0,57 0	0,24
0,06	wagrecht	31 17,6 12 8	15,2 8 6,8 4	0,49 0,45 0,57 0,50	0,50
0,1	wagrecht	28,3 12	10,4 6,8	0,37 0,67	0,47
Meter.		Meter.			

Hiernach ift die Wirkung des *Wolpert*'fchen Saugers am vortheilhafteften, wenn der Wind mit 30 bis 60 Grad von oben einfällt.

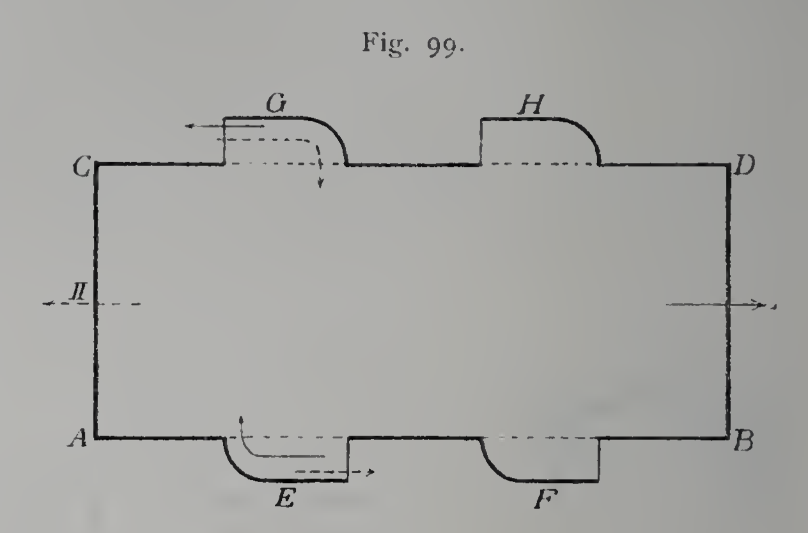
[122]) Siehe: Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gwbe. 1880, S. 372.

[123]) Siehe: Deutfche Bauz. 1883, S. 174 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 674.

Hierher gehören noch die Kappen von *Hanel*[124]), *Keidel*[125]) und die beſonders für Eiſenbahnwagen beſtimmte von *Born*[126]).

Die beſprochenen Köpfe vermitteln entweder das Einblaſen oder das Ausſaugen der Luft. Es muſs aber eben ſo viel Luft aus einem Raume abgeführt werden, als in denſelben eingeleitet wird. Die Mittel, welche die Luftbewegung ſo einſeitig beeinfluſſen, wie die vorhin beſchriebenen Saug- und Blasköpfe, vermitteln die andere Aufgabe dadurch, daſs ſie im zugehörigen Raume eine niedrigere oder höhere Spannung, als diejenige der freien Luft, hervorbringen und vermöge des Spannungsunterſchiedes das Zu-, bezw. Abflieſsen der Luft veranlaſſen.

Fig. 99.



Man hat auch ſolche Einrichtungen geſchaffen, welche ſowohl das Zuführen, als auch das Abführen der Luft unmittelbar beſorgen.

Fig. 99 iſt ein wagrechter Schnitt durch eine derartige, auf einen Eiſenbahnwagen geſetzte Haube. An den lothrechten Langſeiten *AB* und *CD* der Haube ſind Taſchen *E*, *F*, *G*, *H* angebracht, deren Hohlräume mit dem Inneren der Haube, bezw. des Wagens vermöge vergitterter Oeffnungen in Verbindung ſtehen. So fern nun der Wagen in der Richtung des (ausgezogenen) Pfeiles *I* ſich bewegt, ſo wird die Luft durch die Taſchen *E* und *F* eingeblaſen, während an den Oeffnungen der Taſchen *G* und *H* eine Saugwirkung eintritt. Die Bewegungsrichtung *II* (punktirt) des Wagens veranlaſſt ein Saugen an den Taſchen *E* und *F* und ein Einblaſen durch die Taſchen *G* und *H*.

Fig. 100.

Saugkopf von *Römheld*.

Römheld's Kopf[127]) ſtellt Fig. 100 in lothrechtem Schnitt dar.

Der untere Theil dient zum Einblaſen der Luft; ſie bewegt ſich in einem Canal ringförmigen Querſchnittes nach unten; der obere Kopftheil vermittelt gleichzeitig das Abſaugen durch die Mittelröhre.

Huber's Saug- und Blaskopf[128]) iſt mit dem beſchriebenen nahe verwandt.

Angeſichts der ſchon erwähnten geringen Verläſslichkeit der beſprochenen Mittel zur Bewegung der Luft verdienen dieſelben nicht die Beachtung, welche ihnen meiſtens geſchenkt wird.

Literatur

über »Saug- und Blasköpfe«.

REDER. Eſſenkopf. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1854, S. 307. Polyt. Centralbl. 1854, S. 850. Polyt. Journ., Bd. 133, S. 98.

MUIR, G. W. Der Vier-Richtungs-Ventilator *(Four-pointed-Ventilator)*. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1859, S. 21.

---

124) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 228, S. 376.

125) Siehe: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1885, S. 170.

126) Siehe: Geſundh.-Ing. 1883, S. 51.

127) Siehe: Deutſche Bauz. 1884, S. 331.

128) Siehe: Geſundh.-Ing. 1883, S. 471.

KNOBLAUCH. Schornftein-Auffatz von PETERS zur Abführung des Rauches unabhängig von Wind und Luftftrömungen. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 620.
FISHER. Schornfteinkappe. *Engineer*, Bd. 11, S. 5.
Ueber die Formen der Schornfteine und Schornfteinkappen. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1862, S. 43.
Le cone préfervateur. Appareil gradué fervant à coiffer les faîtes de cheminée. Revue gén. de l'arch. 1862, S. 19.
Schornfteinköpfe, Kappen. *Builder* 1862, S. 96.
GRÄFF. Schornfteinauffätze. Polyt. Centralbl. 1863, S. 772.
ELBERG. Schornfteinköpfe zur Erhaltung des Zuges bei regnerifchem und windigem Wetter. *Scient. American*, Bd. 7, S. 384.
SWEET. Schornfteinauffatz zur Verhinderung des Rauchens. *Scient. American*, Bd. 10, S. 264.
HASE. Ueber den *Muir*'fchen Lüftungsapparat. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 225.
BERNE. Schornfteinauffatz. *Engineer*, Bd. 21, S. 213.
EULER, F. *Wolpert*'s Rauch- und Luftfauger. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1869, S. 323.
WOLPERT. Verbefferung der Feuerungs-, Ventilations- und Beleuchtungs-Apparate durch den Rauch- und Luftfauger. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 54. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1869, S. 156.
WOLPERT. Rauch- und Luftfauger für Schornfteine, Laternen etc. Mafchin.-Conft. 1869, S. 219. Polyt. Centralbl. 1869, S. 855.
Schornfteinkappen. Deutfche Bauz. 1867, S. 53; 1868, S. 135, 347; 1870, S. 113.
JACKSON's *chimney terminal. Engineer*, Bd. 29, S. 49.
FISCHER, H. Ueber Schornfteinauffätze. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 219.
WEIGELIN. Ueber Schornfteinauffätze. Polyt. Centralbl. 1875, S. 415.
WOLPERT, A. Ueber Windkappen für Schornfteine, Ventilationsröhren und Laternen. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 3.
WOLPERT, A. Ueber die faugende Wirkung des Windes an Rohrmündungen und Rohrauffätzen. Zeitfchr. f. Biologie 1877, S. 406.
Neuer Schornftein-Auffatz. Deutfche Bauz. 1878, S. 164; 1881, S. 116.
Ueber Schornfteinauffätze von G. HEGER, HAMILTON, HEINR. FISCHER und KALLENSEE. Polyt. Journ., Bd. 250, S. 325.
VOGDT. *Hanel*'s neuer Schornfteinauffatz. Polyt. Journ., Bd. 228, S. 376.
KRIGAR, H. Rauch- und Luftfauger (Schornfteinauffatz). Polyt. Journ., Bd. 231, S. 328.
Ueber Schornfteinauffätze zur Verhütung des Rauchens der Zimmeröfen, für Ventilationszwecke etc. Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gwbe. 1880, S. 370.
New chimney cap and ventilator. Scient. American, Bd. 43, S. 275.
BOYLE's *chimney cowl. Iron*, Bd. 16, S. 399. *Building news*, Bd. 39, S. 614.
Einfacher Kaminhut. Baugwks.-Ztg. 1881, S. 587.
BARTLETT's Schornfteinhut. Polyt. Journ., Bd. 239, S. 115.
Ueber die Ausmündung der Rauch- und Ventilations-Rohre und deren Abdeckung. Deutfche Bauz. 1883, S. 174.
Ventilations-Apparat für Eifenbahnwagen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 53.
Ein Angriff auf die Ventilationskappen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 107.
Neue Schornftein-Abdeckung. Deutfche Bauz. 1884, S. 24. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 10. Baugwks-Ztg. 1884, S. 28.
BERNAU, E. Schornftein-Abdeckung. Deutfche Bauz. 1884, S. 99.
Schornftein-Abdeckung. Baugwks.-Ztg. 1884, S. 261.
Rauchhut von J. KEIDEL. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 170.
Schornftein-Aufbaue. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1885, S. 21.

3) Strahlapparate oder Strahler.

197. Strahler f. Wafferbewegung.

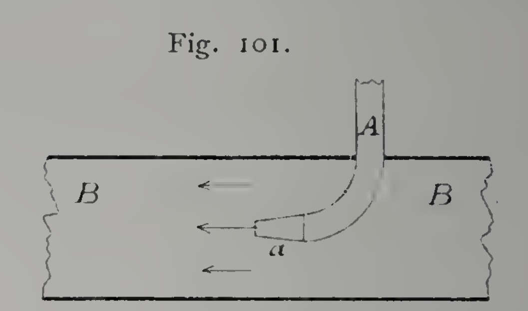
Es ift vorgefchlagen worden, die Bewegung des Waffers der Wafferheizungen durch Dampfftrahlbläfer hervorzurufen. Der Vorfchlag dürfte indeffen von nur geringem Werth fein, da, wenn man überhaupt gefpannten Dampf zur Verfügung hat, jedenfalls diefer zur unmittelbaren Ueberführung der Wärme an die einzelnen Heizkörper mehr geeignet ift, als das durch den Dampf erwärmte Waffer.

198.
Strahler
f. Luftbewegung.

Anders iſt es mit Luft-, Dampf- und Waſſerſtrahlbläſern zur Bewegung der Luft. Erſtere wurden zuerſt im Groſsen für die Pariſer Weltausſtellung des Jahres 1867 von *Piarron de Mondéſir* ausgeführt und haben ſpäterhin wiederholt Verwendung gefunden [129]).

Mondéſir führt z. B. mittels der Röhre *A* (Fig. 101) die geſpannte Luft zur Düſe *a*. Der gebildete Luftſtrahl trifft auf die Luft der Röhre *B* und veranlaſſt dieſe, ſich in der Richtung des Luftſtrahles mit fort zu bewegen. Von der geſpannten Luft gebraucht man weniger, als von der ungeſpannten; auſserdem nimmt die erſtere einen verhältniſsmäſsig kleineren Raum ein und geſtatten die Pumpen, die zum Hervorbringen der Spannung dienen, eine ſolche Steigerung derſelben, daſs gröſsere Bewegungshinderniſſe, alſo gröſsere Geſchwindigkeiten im Röhrennetz der geſpannten Luft zuläſſig werden. Alles zuſammen genommen ermöglicht kleine Querſchnitte für das ſoeben genannte Röhrennetz; man vermag daher von der Betriebsſtelle aus verhältniſsmäſsig bequem die Betriebskraft auf eine groſse Zahl von Stellen zu vertheilen; man vermag an dieſen Stellen Luft des Freien einzuſaugen oder gebrauchte Luft auszuwerfen, alſo trotz gemeinſchaftlicher unabhängiger Triebkraft das Canalnetz für die Luft-Ab- und -Zuleitung in einzelne kürzere Theile zu zerlegen.

Fig. 101.

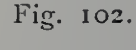


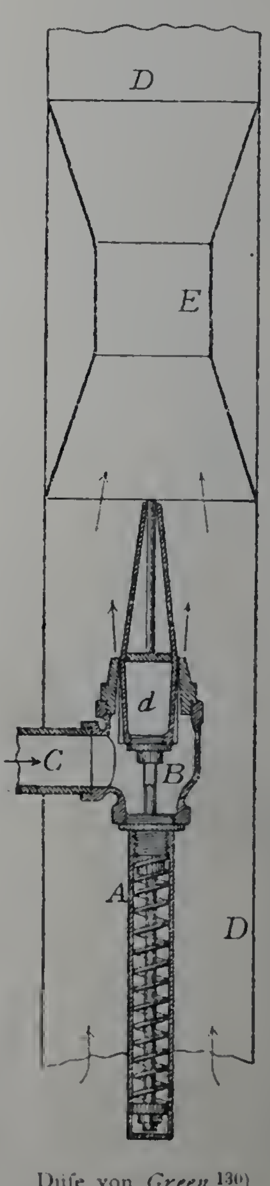
Wegen der Leitungswiderſtände iſt die Spannung der Treibluft in den verſchiedenen Strahlbläſern eines und deſſelben Gebäudes verſchieden. Man ſchaltet deſshalb Hähne, Ventile oder ähnliche Droſſelmittel in das Röhrennetz, um die Endſpannungen auszugleichen.

Die *Green*'ſchen Düſen (Fig. 102) haben die Aufgabe, die Regelung der Spannung ſelbſtändig zu vermitteln. Die Röhre *C* führt die geſpannte Luft in den Düſenkopf *B*. Vermöge der Luftſpannung wird der Körper *d*, welchen die in der Hülſe *A* untergebrachte Feder in der gezeichneten Stellung zu erhalten ſucht, nach oben geſchoben, wodurch ein freier Spalt zwiſchen der Mündung des Düſenkörpers *B* und dem nach unten ſich verjüngenden Körper *d* entſteht. Dieſer Spalt geſtattet der geſpannten Luft, mit groſser Geſchwindigkeit auszuſtrömen und die in der Röhre *D* befindliche Luft nach *E* zu ſchleudern. Je gröſser die Spannung der Luft in *B* iſt, um ſo mehr wird *d* nach oben geſchoben, alſo um ſo breiter der Spalt. Mit Hilfe der veränderlichen Federſpannung vermag man aber dem gegen *d* wirkenden Luftdruck einen veränderlichen Widerſtand entgegen zu ſetzen, d. h. man vermag die Luftausſtrömung den Verhältniſſen anzupaſſen.

Lediglich zum Abſaugen der Luft iſt das *Körting*'ſche Strahlgebläſe [131]) verwendbar. Daſſelbe iſt indeſs zu geräuſchvoll, als daſs es für Wohnräume, Verſammlungsſäle u. ſ. w. verwendbar wäre. Für die Lüftung der Bergwerke ſoll es häufig gebraucht werden.

Fig. 102.





Düſe von *Green* [130]).

[129]) Vergl. PIARRON DE MONDÉSIR & LEHAITRE. *Communication relative à la ventilation par l'air comprimé.* Paris 1867 — ferner: PIARRON DE MONDÉSIR. *Ventilation par l'air comprimé.* Paris 1876 — endlich: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 16. — *Bulletin de la ſociété induſtrielle de Mulhouſe* 1877, S. 5. — *Scient. American* 1880, Febr., S. 86. — Deutſche Bauz. 1867, S. 481. — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1868, S. 46. — *Iron*, Bd. 19, S. 639; Bd. 20, S. 1.

[130]) *Scient. American*, Bd. 42, S. 86.

[131]) Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1875, S. 662.

Waſſerſtrahlbläſer zum Bewegen der Luft ſind für kleinere Verhältniſſe verwendet worden[132]; ihre Nutzleiſtung iſt gering, weſshalb ihr Gebrauch nur gerechtfertigt werden kann, wenn man gleichzeitig Luftanfeuchtung beabſichtigt.

4) Bewegung durch feſte Flächen.

199. Flügelbläſer.

Die Cylinder- oder Kolbenbläſer finden für die Zwecke der Heizung und Lüftung höchſt ſelten Verwendung; eben ſo die Kapſelbläſer. Sie können daher hier übergangen werden. Dagegen wird häufig von den Flügelbläſern Gebrauch gemacht.

Für kleine Drücke p (etwa bis 8 kg für 1 qm aufwärts) ſind die Windflügel oder Schraubenbläſer (Fig. 103) zu empfehlen.

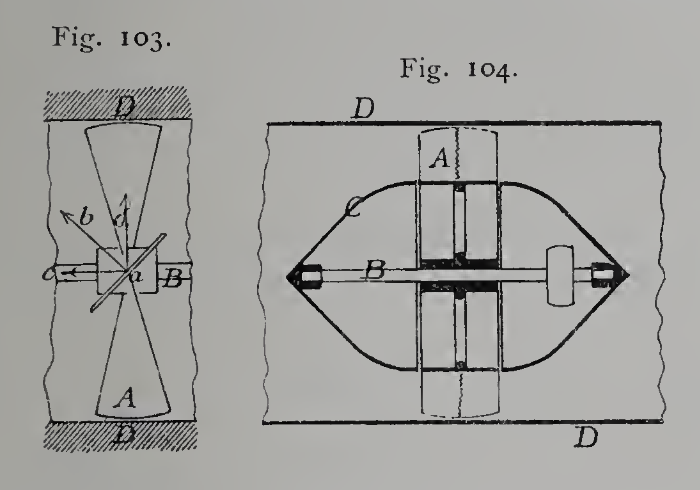


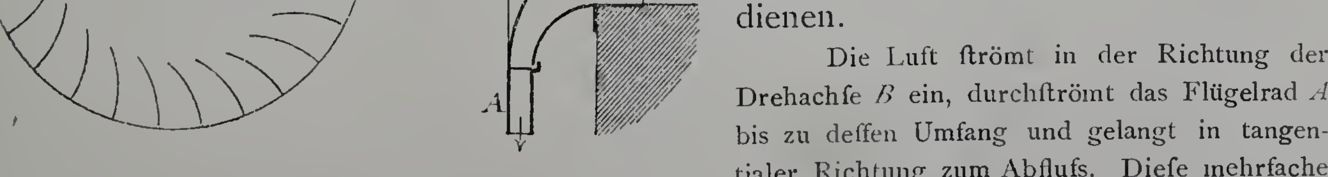
Fig. 103. Fig. 104.

Die Flügel derſelben ſind ſchräg gegen die Drehachſe geſtellt oder haben, was zweckmäſsiger iſt, die ſchraubenförmige Geſtalt. Indem dieſelben gegen die Luft drücken, veranlaſſen ſie die letztere, winkelrecht gegen die Flügelfläche auszuweichen, welche Bewegung ab zerlegt werden kann in die nützliche ac, deren Richtung der Drehachſe gleichlaufend iſt, und in die ſchädliche ad, welche winkelrecht zur Drehachſe auftritt und die Reibung der Luft erheblich vermehrt. Behuf Ausbeutung der ganzen Geſchwindigkeit hat man mit Vortheil Leitſchaufeln angewendet[133].

Die Geſchwindigkeit der Flügel iſt in der Nähe der Drehachſe erheblich geringer, als in gröſserer Entfernung von derſelben. Um die hieraus entſtehende Ungleichheit der Wirkung zu mindern, wählt man die durch Fig. 104 angegebene Einrichtung.

Die kurzen Flügel A ſitzen auf dem Umfang einer Trommel, die mit Hilfe von Armen an der Welle B befeſtigt iſt. Ein Drehkörper C lenkt die Luft allmählig den Flügeln A zu und vermindert hierdurch die Luftwirbelungen und die mit dieſen zuſammenhängenden Verluſte. Der Mantel D, welcher nicht ſelten aus Mauerwerk gebildet iſt, umſchlieſst die Flügel, natürlich möglichſt eng.

Fig. 105.



200. Schleuderbläſer.

Für gröſsere Drücke p (bis 150 kg für 1 qm aufwärts) dürfte der Schleuderbläſer oder der Centrifugal-Ventilator (Fig. 105 u. 106) unbedingten Vorzug vor dem vorhin genannten verdienen.

Die Luft ſtrömt in der Richtung der Drehachſe B ein, durchſtrömt das Flügelrad A bis zu deſſen Umfang und gelangt in tangentialer Richtung zum Abfluſs. Dieſe mehrfache Richtungsänderung des Luftſtromes verurſacht nicht unerhebliche Verluſte in Folge der entſtehenden Wirbel, welche Verluſte jedoch gegenüber der in Frage kommenden gröſseren Preſſung weniger in das Gewicht fallen.

Die erforderliche Betriebskraft der Flügelgebläſe iſt für beſte Einrichtungen, wenn N die Zahl der Pferdeſtärken, $\mathfrak{L}$ die ſtündlich geförderte Luftmenge (in Kilogr.) und p den erzielten Ueberdruck (in Kilogr.) für 1 qm bezeichnet:

$$N = \frac{1}{100000} \mathfrak{L} p \qquad 116.$$

[132] D.R.-P. Nr. 13492 u. 14827.

[133] Siehe: Verh. d. nieder-öſt. Gwbver. 1862, S. 359. — Mitth. d. Gwbver. f. Hannover, 1862, S. 313.

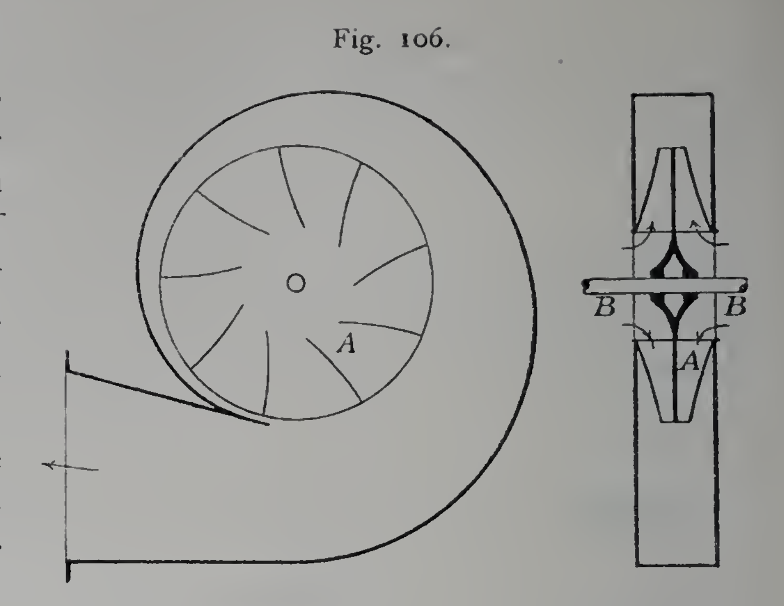


Fig. 106.

Da die Anwendung der Bläfer befondere Mafchinenanlagen bedingt, die Hinzuziehung eines Mafchinenkundigen bei Entwurf einer derartigen Anlage daher unerläfslich ift, fo darf ich mich darauf befchränken, in Bezug auf weitere Rechnungen und Einrichtungen auf die unten genannten Quellen zu verweifen[134].

Zu erwähnen find an diefer Stelle noch die Flügelbläfer, bezw. Flügelfauger, auf deren Achfe ein von der Wafferleitung zu betreibendes Kreifelrad angebracht ift. Ihnen ift eine weit gröfsere Nutzleiftung, als den Wafferftrahlbläfern eigen; dabei läfft fich die Luftanfeuchtung mit ihnen regelbar verbinden[135].

e) Meffen der Gefchwindigkeit bewegter Flüffigkeiten.

201. Verfahren.

Es ift nicht felten erwünfcht — fei es, um die Thätigkeit einer Heizungs- und Lüftungs-Anlage zu beobachten, fei es, um den Betrieb derfelben regeln zu können — Kenntnifs von den Gefchwindigkeiten zu erhalten, mit denen die Flüffigkeiten fich in den betreffenden Leitungen bewegen. Die hierzu erforderlichen Meffungen erfolgen auf drei verfchiedenen Wegen, indem entweder beftimmt wird, welcher Flüffigkeitsraum in einer beftimmten Zeit die Röhrenleitung durchfliefst, und aus diefem auf die Gefchwindigkeit gefchloffen wird, oder indem der Druck, welchen die bewegte Flüffigkeit auf eine fefte Fläche ausübt, als Mafs der Gefchwindigkeit dient, oder endlich indem die Gefchwindigkeit auf die Flügel eines Rades, deffen Umdrehungszahl die Gröfse derfelben ausdrückt, übertragen wird.

1) Uebertragen der Gefchwindigkeit auf die Flügel eines fich drehenden Rades.

202. Flügelrad.

Ein Rädchen mit fchraubenförmig gebogenen Flügeln wird dem Flüffigkeitsftrome fo ausgefetzt, dafs die Richtung des letzteren mit der Drehachfe des Rädchens zufammenfällt.

An irgend einem Punkte, der um ς von der Drehachfe entfernt liegt, treffe die Flüffigkeit mit der Gefchwindigkeit V unter dem Winkel α auf einen der Flügel, fo mufs, wenn ein Stofs vermieden werden foll,

$$V = \frac{\varsigma}{\operatorname{tg} \alpha} \frac{\pi}{30} n$$

fein. n bedeutet die Zahl der Umdrehungen des Rades in der Minute. Für ein und daffelbe V foll felbftverftändlich daffelbe n erhalten werden; fonach mufs, da $\frac{\pi}{30}$ unveränderlich ift, auch $\frac{\varsigma}{\operatorname{tg} \alpha}$ eine unveränderliche Gröfse fein, d. h. es find die Flügel des Rädchens fchraubenförmig zu geftalten.

Die Gleichung für Gewinnung der Gefchwindigkeit hat hiernach die Geftalt, wenn $\mathfrak{A}$ eine von der Conftruction des Rädchens abhängende unveränderliche Zahl bedeutet,

$$V = \mathfrak{A} n .$$

---

134) WEISSBACH, J. Lehrbuch der Ingenieur- und Mafchinen-Mechanik. Theil III. 2. Aufl. von G. HERMANN. Braunfchweig 1876—79.

RITTINGER. Centrifugalventilatoren und Pumpen. Wien 1858.

FINK, C. Theorie und Conftruction der Brunnen-Anlagen, Kolben- und Centrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhauftoren. 2. Aufl. Berlin 1878.

135) D.R.-P. Nr. 24445. — Siehe auch: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 605.

Der Bewegung des Rädchens ftehen Widerftände entgegen (Zapfenreibung, Reibung der Zählwerke u. f. w.), deren Ueberwindung Arbeit erfordert. Behufs Hervorbringung der Arbeit dreht fich das Flügelrädchen langfamer, als die zuerft gegebene Formel beftimmt, fo dafs die Flüffigkeit fich vor den Flügeln ein wenig anftaut. Die genannte Arbeit fteht nicht in geradem Verhältnifs zur Umdrehungszahl des Rädchens; man hat daher der obigen Formel die Geftalt

$$V = a + bn + cn^2 + \dots$$

gegeben und beftimmt für jedes Geräth die Werthe $a, b, c \dots$ durch Verfuche. In der Regel benutzt man nur die beiden erften Glieder der letztgenannten Formel zur Beftimmung des V, was zuläffig ift, da die Widerftände fich mit der Zeit ändern, alfo niemals genau berückfichtigt werden können.

Alle Wirbelungen der Flüffigkeiten ftören die richtige Drehung des Rädchens, wefshalb die Verwendung deffelben nur in geraden Canal- oder Röhrenftrecken zuläffig ift. Eben fo müffen die Geftelltheile des Rädchens fo geftaltet fein, dafs fie möglichft wenig zur Hemmung des Flüffigkeitsftromes beitragen — in diefer Beziehung werden oft recht grobe Fehler gemacht — und die beobachtenden Perfonen fich in demfelben Sinne aufftellen. Letztere Forderung bedingt, dafs man das Zählwerk aus gröfserer Entfernung mit dem Rädchen in Verbindung bringen oder daffelbe ausfchalten kann, was entweder durch Benutzung einer Zugfchnur oder beffer durch einen Elektro-Magnet gefchehen kann.

203. Anemometer.

Auf dem Gebiete des Heizungs- und Lüftungswefens benutzt man das fich drehende Flügelrädchen nur zum Meffen der Luftgefchwindigkeit. Letztere ift felbft in einem fehr regelmäfsig geftalteten Canal nicht gleich; ein und derfelbe Querfchnitt läfft vielmehr an verfchiedenen Stellen fehr verfchiedene Gefchwindigkeiten erkennen, wobei keineswegs immer in der Mitte des Querfchnittes der gröfste Werth gefunden wird. Eine einigermafsen zuverläffige Beobachtung erfordert defshalb die gleichzeitige Aufftellung mehrerer folcher Windrädchen, fog. Anemometer, oder eine dauernd gleichmäfsige Bewegung der Luft, fo dafs man Zeit hat, das eine oder die wenigen verfügbaren Windrädchen nach einander an verfchiedenen Punkten eines Querfchnittes aufzuftellen. Es liegt auf der Hand, dafs das erftere Verfahren weit mehr Zutrauen verdient als das letztere, weil es nahezu unmöglich ift, für längere Zeit einen gleichförmigen Betrieb einer Anlage zu erhalten.

Robinfon's Gefchwindigkeitsmeffer, welcher aus vier mittels Arme an einer leicht drehbaren Welle befeftigten halbkugelförmigen Schalen befteht und dadurch in Umdrehung verfetzt wird, dafs der Wind gegen die hohlen Flächen der Schalen einen gröfseren Druck ausübt, als gegen die erhabenen, ift für die vorliegenden Zwecke nicht zu verwenden.

Von den fog. Anemofkopen, welche vorwiegend die Richtung, weniger die Gefchwindigkeit der Luftbewegung erkennen laffen follen, find zu nennen: an feinen Fäden aufgehängte Federn, Baumwollbäufchchen oder ähnliche leichte Gegenftände, kleine mit Gas gefüllte Bälle, Rauch. Der Rauch einer Cigarre ift nicht allein ein fehr brauchbares, fondern auch wenig beläftigendes Mittel zur Erkennung fchwacher Luftftrömungen [136]; Pulverrauch empfiehlt fich zur Beobachtung gröfserer Luftmengen.

2) Meffen des Druckes, welchen der Stofs der bewegten Flüffigkeit auf eine ruhende Fläche ausübt.

204. Geftofsene Flächen.

Man nimmt an, dafs der Druck, welchen ein Flüffigkeitsftrom, deffen Querfchnitt wefentlich gröfser ift, als die Projection einer von ihm getroffenen ruhenden Fläche, gegen diefe ausübt, mit dem Quadrat der Gefchwindigkeit wachfe, obgleich, genau genommen, das Verhältnifs des Druckes zur Gefchwindigkeit etwas anders ift. Ferner fteht der Druck in geradem Verhältnifs zum Einheitsgewicht der Flüffigkeit.

136) Vergl.: RECKNAGEL, G. Ueber ein zu Gefchwindigkeitsmeffungen an Luftftrömen geeignetes Inftrument. WIEDEMANN's Annalen 1878, S. 149.

Bezeichnet $\mathfrak{A}$ eine Werthziffer, welche von der Natur und Gröfse der getroffenen Fläche abhängt, γ das Gewicht der Raumeinheit, V die Gefchwindigkeit der Flüffigkeit und P den entftehenden Druck, fo ift die Beziehung zwifchen diefen beiden durch die Formel auszudrücken:

$$P = \mathfrak{A} \gamma V^2 \quad \text{oder} \quad V = \sqrt{\frac{P}{\mathfrak{A} \gamma}} .$$

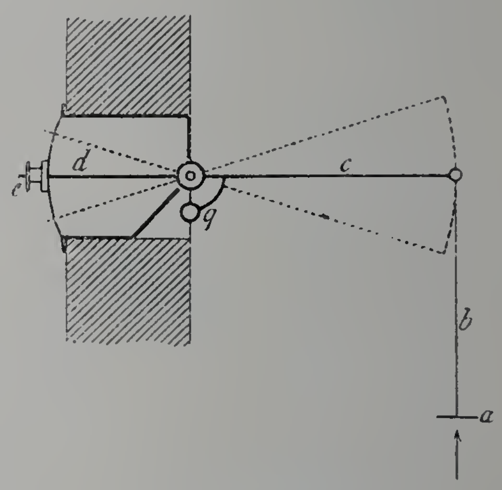
Ein fehr einfach fcheinendes Mittel zum Meffen des Druckes P ift die *Pitot*'fche Röhre [137]. Zwei Röhren liegen bis zu der Stelle, an welcher die Gefchwindigkeit gemeffen werden foll, lothrecht neben einander; hier endet die eine mit freiem Querfchnitt, während die andere rechtwinkelig umgebogen und zugefpitzt ift, fo dafs die Mündung fenkrecht von der bewegten Flüffigkeit getroffen wird. Ift die letztere z. B. Waffer, fo fteigt daffelbe in der mit Biegung verfehenen Röhre höher, als in der anderen; der Höhenunterfchied bezeichnet die Gröfse des Druckes P. Vorhin war vorausgefetzt, dafs das Waffer fich annähernd wagrecht bewege; durch Aenderungen der Geftalt der *Pitot*'fchen Röhre vermag man diefelbe jedoch auch für lothrechte oder geneigte Leitungen zu verwenden, indem man zur Beobachtung der Waffergefchwindigkeit die Mefsröhren mit Queckfilber, zur Beobachtung der Luftgefchwindigkeit mit Waffer füllt. Die geringen Gefchwindigkeiten, welche in den Leitungen der Heizungs- und Lüftungs-Anlagen vorkommen, bringen nur einen geringen Druckunterfchied hervor, fo dafs es nöthig wird, die zum Ablefen dienenden Enden der Röhren geneigt anzuordnen.

Statt der Flüffigkeitsflächen kann man auch fefte Flächen anwenden, gegen welche die bewegte Flüffigkeit unter einem rechten oder fpitzen Winkel ftöfst.

205.
Wolpert's
Anemometer.

Bei *Wolpert*'s Anemometer find die feften Flächen, gegen welche die Flüffigkeit ftöfst, in Geftalt eines Windrädchens angeordnet, welches in Folge des Druckes fich zu drehen beftrebt ift, während eine Feder der Drehung Widerftand leiftet. Da der freie Querfchnitt zwifchen den Flügeln wefentlich kleiner ift als derjenige, welcher vom Geräth beherrfcht wird, fo entfteht eine Stauung der bewegten Flüffigkeit, die zu Seitenbewegungen und Wirbelungen derfelben führt.

Fig. 107.



Luftgefchwindigkeitszeiger.

Andere laffen den Strom, deffen Gefchwindigkeit gemeffen werden foll, möglichft winkelrecht gegen eine Platte ftofsen, die mit einem belafteten Hebel derart verbunden ift, dafs der Grad des Ausfchlages diefes letzteren die Gröfse des Druckes P anzeigt [138]. Solche fchon im vorigen Jahrhundert bekannte Einrichtungen find befonders geeignet, der Bedienungsmannfchaft Kunde von der Gefchwindigkeit der Luft in den Canälen zu geben; fie werden zu diefem Zwecke an den Beobachtungsftellen dauernd angebracht.

206.
Luft-
gefchwindig-
keitszeiger.

Fig. 107 ftellt einen Luftgefchwindigkeitszeiger für einen lothrechten Canal im Schnitt dar.

a bezeichnet eine ebene Platte, die mittels eines Drahtes b am doppelarmigen Hebel cd hängt. Am Ende d diefes Hebels ift eine Mutter e zum Andrücken einer Zeigerplatte benutzt, welche mit letzterer und dem linksfeitigen Hebelende die rechtsfeitige Hebelhälfte nebft Platte a im Gleichgewicht hält, fo lange bewegte Luft nicht auf a wirkt. Ein Gewicht q hängt, wenn der Hebel in mittlerer Lage fich befindet, mitten unter der Drehachfe des letzteren. Jede nach oben gerichtete Luftftrömung giebt dem Zeiger bei e einen Ausfchlag nach unten, jede entgegengefetzte einen folchen nach oben. Das Ganze ift fo an einem gufseifernen Kaften angebracht, dafs man es leicht herausnehmen kann.

Fig. 108.

Luftgefchwindigkeitszeiger.

Um fortwährendes Pendeln des Hebels zu verhüten, verbindet man letzteren wohl mit einer in Waffer, Oel oder dergl.

[137]) Vergl.: RÜHLMANN, M. Hydromechanik. 2. Aufl. Braunfchweig 1880. S. 367.

[138]) Vergl. ebendaf., S. 367, 369 — ferner: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunfchweig 1880. S. 246.

fpielenden Scheibe. Dies ift bei dem Luftgefchwindigkeitszeiger für wagrechte Canäle, welchen Fig. 108 darftellt, vorgefehen.

Die Platte *a* ift hier mit dem Hebel *b* feft verbunden; ihr Gewicht fucht diefen in der lothrechten Lage zu erhalten. *b* ift an einer wagrecht gelagerten Welle befeftigt, welche in einiger Entfernung von *b* den Hebel *cd* trägt; an der erwähnten Welle ift auch der Zeiger *e* befeftigt. An *d* hängt nun ein Kolben, welcher in dem mit Oel oder einer anderen geeigneten Flüffigkeit gefüllten Gefäfse *f* fpielt.

3) Meffen des durch eine Leitung ftrömenden Flüffigkeitsraumes.

207. Meffen des Raumes.

Die betreffenden Einrichtungen finden ausfchliefslich zum Meffen des Leuchtgafes (Gasuhren) oder des Waffers (Waffermeffer) Verwendung. Zum Meffen des Waffers, welches eine Wafferheizungs-Anlage durchläuft, dürfte nur der Waffermeffer von *Rofenkranz* [139]) brauchbar fein, da diefer verhältnifsmäfsig fehr geringe Widerftände bietet. Leider ift das Meffen der wirklich eintretenden Waffergefchwindigkeiten in Heizungsleitungen bisher nicht gebräuchlich, was wohl die grofsen Widerftände der meiften Waffermeffer zur Urfache hat, welche möglicherweife die geringe bewegende Kraft diefer Leitungen vollftändig aufzehren können, fie jedenfalls erheblich beeinträchtigen. Die Anbringung folcher Waffermeffer würde in Verbindung mit Thermometern die Prüfung und Beurtheilung der betreffenden Anlagen wefentlich erleichtern.

In Bezug auf Gasuhren verweife ich auf *Rühlmann*'s unten [140]) näher bezeichnetes Werk und auf Art. 38 (S. 40). Solche Raum-Mefsgeräthe, welche zum Meffen des Waffers [141]) und des Gafes dienen, würden, entfprechend umgeformt, auch zum Meffen des Dampfes benutzt werden können. Mir find jedoch dem entfprechende Einrichtungen nicht bekannt; bis jetzt beftimmt man die Dampfmengen, bezw. Dampfgefchwindigkeiten nach dem Druckunterfchiede und dem Ausftrömungsquerfchnitt (*Birdfill Holly*) oder nach der Menge des Niederfchlagswaffers [142]).

Literatur

über »Luftgefchwindigkeitsmeffer«.

RÜHLMANN. Ueber Windgefchwindigkeitsmeffer. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1862, S. 26.

RÜHLMANN. Ueber Anemometer, befonders das von *Adie*. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1863, S. 109. Polyt. Centralbl. 1863, S. 1266.

BARTHOLD. Anemometer zum Meffen des Zuges bei Heiz- und Kochöfen. Deutfche Bauz. 1869, S. 221.

SCHEURER-KESTNER. *Appareil pour la mefure du tirage dans les cheminées. Bulletin de la foc. ind. de Mulh.*, Bd. 41, S. 429. Polyt. Journ., Bd. 206, S. 448. Polyt. Centralbl. 1874, S. 105.

RÜHLMANN, M. Allgemeine Mafchinenlehre. Bd. 1. 2. Aufl. Braunfchweig 1875. S. 135.

ARON. Zugmeffer. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1092.

BARTHOLD. Die Zugverhältniffe der Heiz- und Kochöfen. Deutfche Bauz. 1876, S. 221.

WOLPERT. Ueber Anemometer. Mafchin.-Conftr. 1876, S. 276. Deutfche Bauz. 1876, S. 235.

WOLPERT, A. Das Flügel-Anemometer. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 36.

Ein recht praktifches Anemometer und die Ventilationseinrichtungen im hiefigen Zellengefängniffe. Hannov. Wochbl. f. Hand. u. Gwbe. 1878, S. 131.

Anemometer von *Negretti u. Zambra*. Rohrleger 1878, S. 93.

FRESE. Das Anemometer und feine Anwendung zur Beftimmung der Gefchwindigkeit bewegter Luft. Gefundh.-Ing. 1881, S. 23.

Luftgefchwindigkeitsmeffer von *E. Rofenkranz* und *H. Tromp* in Dortmund. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 349.

---

139) Befchreibung deffelben in: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1874, S. 145.

140) RÜHLMANN, M. Allgemeine Mafchinenlehre. 2. Aufl. Bd. 1. Braunfchweig 1875. S. 149—156.

141) Die Literatur über »Waffermeffer« fiehe Kap. 13 diefes Bandes.

142) Ueber Dampfmeffer vergl.: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 278.

8. Kapitel.

Canäle für Luft und Rauch.

(Luft-Canäle, Rauch-Canäle, Lock- und Rauchfchornfteine.)

a) Abmeffungen.

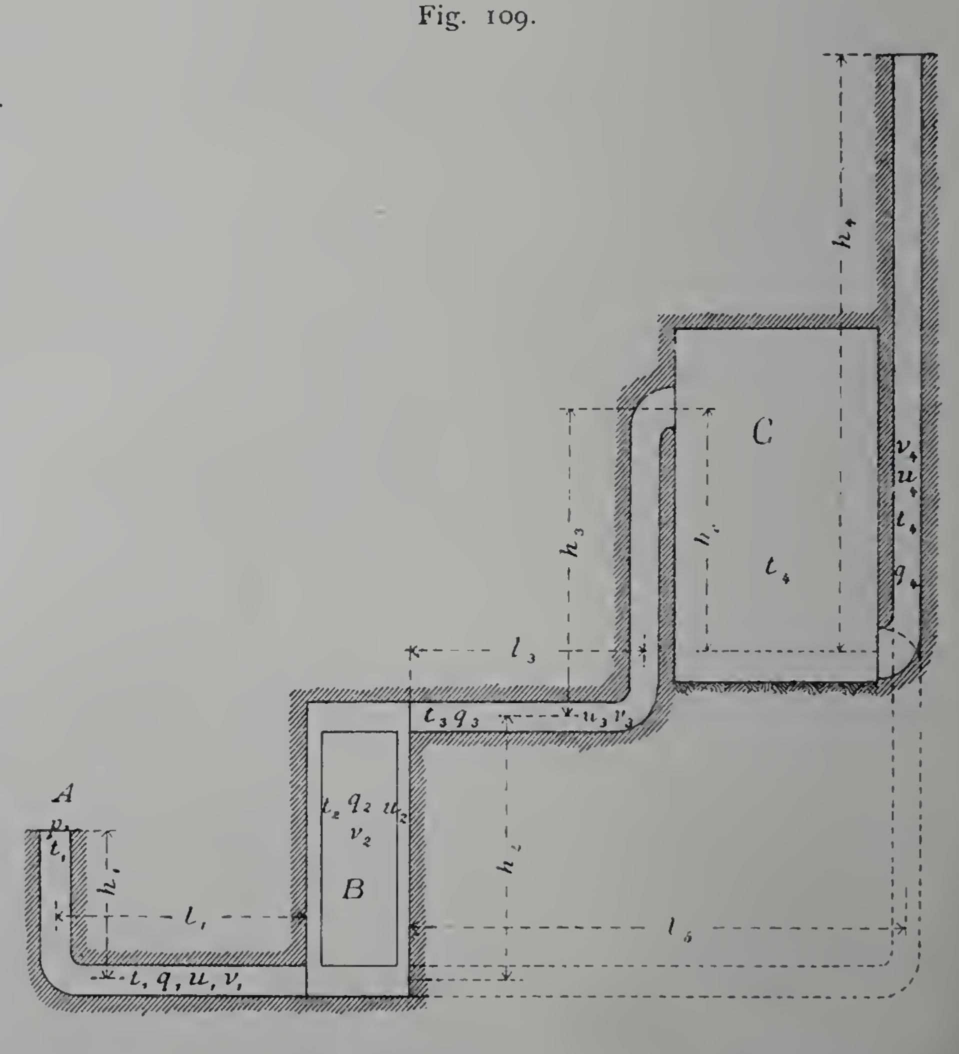
208. Luft-Canäle.

Aus der Gegenüberftellung der Widerftände der Bewegung und der Kraft der bewegenden Mittel gewinnt man ohne Weiteres die zweckmäfsigften, bezw. zuläffigen Abmeffungen der Canäle. Es mag das Verfahren, welches einzufchlagen ift, an der Hand einiger Beifpiele näher erörtert werden.

209. Heizung mit Lüftung.

Der Raum *C* (Fig. 109) foll von *A* aus mit frifcher Luft verforgt werden. *A* ift eine im Freien liegende Oeffnung; von ihr aus foll die Luft, ohne ihre Temperatur t_1 zu verändern, zunächft um h_1 nach unten fteigen, dann in einem l_1 langen Canal wagrecht fortgeführt werden, um in die Heizkammer *B* zu gelangen, wofelbft die Erwärmung auf t_3 Grad erfolgt. Die mittlere Temperatur der Luft ift (vergl. Art. 188, S. 172) in der Heizkammer $\frac{t_1 + t_3}{2}$; die mittlere Gefchwindigkeit fei v_2, der freie Querfchnitt q_2 und der Umfang deffelben u_2. Die erwärmte Luft durchftrömt nunmehr den wagrechten Canal, welcher l_3 lang ift, und den lothrechten h_3 hohen Canal, deffen freier Querfchnitt q_3 mifft, und gelangt durch das Gitter in den Raum *C*. Der Einfachheit der Rechnung halber foll zwifchen Heizkammer *B* und Zimmer *C* keine Temperaturänderung, auch keine Aenderung des Canalquerfchnittes, alfo der Werthe q_3, u_3 und v_3 ftattfinden; nur das Ausftrömungsgitter verlangt eine Querfchnittserweiterung, welcher durch den Ausdruck für den durch diefe veranlafften Widerftand Rechnung getragen werden foll. Aus *C* foll die Luft mittels eines nahe über dem Fufsboden mündenden lothrechten Canales, der h_4 Meter hoch ift, abgeführt werden.

Fig. 109.



Es foll, um jeden Luftwechfel durch Thüren, Fenfter und Wände fo viel als möglich zu vermeiden, der Druck der Luft in der Mitte zwifchen der Zuluft- und Abluftöffnung innerhalb des Zimmers *C* gleich demjenigen des Freien fein.

Der für die Zufuhr der Luft verfügbare Auftrieb ift nach Gleichung 80, bezw. 84, da in dem erften lothrechten Theile der Leitung die Temperatur t_1 der Luft gleich

derjenigen des Freien angenommen werden mufs, und die Temperatur t_4 des Zimmers angenähert innerhalb der Höhe h_c unveränderlich bleibt,

$$\mathfrak{A} = (h_2 + h_3)(1{,}3 - 0{,}004\, t_1) - h_2 \left(1{,}3 - 0{,}004\, \frac{t_1 + t_3}{2}\right) - h_3 (1{,}3 - 0{,}004\, t_3)$$
$$- \frac{h_c}{2} (t_4 - t_1)\, 0{,}004$$

$$\mathfrak{A} = 0{,}004 \left[\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2} h_c\right] \quad . \; . \; . \; . \quad 117.$$

Diefem Auftrieb find die folgenden Widerftände gegenüber zu ftellen (vergl. die Gleichungen 72 bis 78 einfchl.), wenn $\varkappa = 0{,}0006$, die Werthziffer für Krümmungen $= 0{,}4$ und diejenige der Gitterwiderftände $= 1$ gefetzt und $\frac{1}{v}$ gegen 20 vernachläffigt wird:

$$\mathfrak{W} = \gamma \left(20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma \xi\right) \frac{v^2}{2g} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 118.$$

Die genaue Rechnung erfordert nun, diefe Widerftände in einzelnen Gruppen einzuführen, nämlich:

$$\mathfrak{W}_1 = \gamma_1 \left(20\, \varkappa\, l_1\, \frac{u_1}{q_1} + \Sigma \xi_1\right) \frac{v_1^{\,2}}{2g}; \quad \mathfrak{W}_2 = \gamma_2 \left(20\, \varkappa\, l_2\, \frac{u_2}{q_2} + \Sigma \xi_2\right) \frac{v_2^{\,2}}{2g} \quad . \quad 119.$$

u. f. w. Sind erhebliche Verfchiedenheiten der Luftgefchwindigkeiten aus irgend welchen Gründen in Ausficht genommen, fo wird man dem betreffenden umftändlichen Verfahren nicht aus dem Wege gehen können. Man fetzt alsdann jenes $\mathfrak{A}$ (Gleichung 117) der Summe aller $\mathfrak{W}_1$ (Gleichung 119) gleich und gelangt unter vorläufiger Annahme des $\frac{u}{q}$ und v zu einem Urtheile darüber, ob die beiden letzterwähnten Ausdrücke zutreffend gewählt worden find oder nicht.

In der Regel find die v nicht fehr verfchieden von einander, fo dafs man in fämmtliche Theile des $\mathfrak{W}$ einen mittleren Werth für v einfetzen kann. Eben fo kann man für γ einen mittleren Werth annehmen, da daffelbe nur in Verbindung mit den durch Schätzung beftimmten Werthziffern für den Widerftand auftritt. Alsdann wird

$$\mathfrak{A} = \mathfrak{W},$$

$$0{,}004 \left[\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2} h_c\right] = \gamma \left(20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma \xi\right) \frac{v^2}{2g},$$

oder

$$v = \sqrt{\frac{0{,}004 \,.\, 19{,}6}{\gamma}} \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - h_c \frac{t_4 - t_1}{2}}{20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \quad . \; . \quad 120.$$

In diefer Gleichung foll für γ der Werth $1{,}254$ eingefetzt werden, was einer mittleren Temperatur von 12 Grad entfpricht; $\varkappa$ war zu $0{,}0006$ feft gefetzt; alfo ift $20\, \varkappa = 0{,}012$, und es entfteht

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - h_c \frac{t_4 - t_1}{2}}{0{,}012\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \quad . \; . \; . \; . \quad 121.$$

Dies ist das v, welches erreicht werden kann. Ist nun die Aufgabe gestellt, stündlich eine bestimmte Luftmenge $\mathfrak{L}$ (in Kilogr.) in das Zimmer zu fördern, so ist

$$\mathfrak{L} = 3600\, v\, q\, (1{,}3 - 0{,}004\, t) \quad . \quad . \quad . \quad 122.$$

oder

$$v_1 = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q_1\, (1{,}3 - 0{,}004\, t_1)} \text{ u. s. w.} \quad . \quad . \quad . \quad 123.$$

Soll mittels der Luftmenge dem Zimmer C eine bestimmte Wärmemenge W geliefert werden, so ist

$$W = \mathfrak{L} \,.\, 0{,}24\, (t_3 - t_4)$$

oder

$$\mathfrak{L} = \frac{W}{0{,}24\, (t_3 - t_4)} \quad . \quad . \quad . \quad 124.$$

in Rechnung zu setzen.

Man hat nun mit den so gewonnenen Werthen für v, welche die Aufgabe verlangt, diejenigen zu vergleichen, welche nach Gleichung 121 zu erreichen sind und, wenn eine Uebereinstimmung nicht stattfindet, für die Ausdrücke, welche zu letzteren führten, andere Werthe zu wählen.

Für den meistens vorliegenden Fall, dafs man sich mit der Berechnung des Mittelwerthes von v begnügt, also im Einklang mit Gleichung 121, liegen für das verlangte v die Ausdrücke vor

$$v = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q\, (1{,}3 - 0{,}004\, t)}, \quad . \quad . \quad . \quad 125.$$

bezw.

$$v = \frac{W}{0{,}24\, (t_3 - t_4)\, 3600\, q\, (1{,}3 - 0{,}004\, t)}, \quad . \quad . \quad . \quad 126.$$

in welche man für t denjenigen Werth einzusetzen hat, welcher dem betreffenden q entspricht.

Die in diesen Gleichungen vorhandenen Gröfsen sind zum Theile durch örtliche Verhältnisse gegeben. Hierhin gehören die Höhen h_1 bis h_c, so wie die Längen l_1 und l_3. Andere müssen angenommen werden. Die Temperatur der freien Luft t_1 ist wechselnd; für den Fall, dafs man weniger Werth auf die Zuführung einer bestimmten Luftmenge, als auf das Heranschaffen einer verlangten Wärmemenge legt, wird man für t_1 die niedrigste der vorkommenden Temperaturen einsetzen, weil, wenn diese herrscht, die gröfste und berechnete Wärmemenge W verlangt wird. Soll dagegen eine bestimmte Luftmenge $\mathfrak{L}$ zugeführt werden, so hat man sich zu entscheiden, bis zu welcher Temperatur t_1 des Freien die Leistung noch verlangt wird, und diese Temperatur für die Berechnung zu benutzen.

Die Temperatur t_3 ist, wie früher erörtert wurde, behuf einer möglichst gleichmäfsigen Temperatur des Zimmers nicht sehr hoch zu wählen; neuere vortrefflich arbeitende Heizungs-Anlagen benutzen selbst während der strengsten Kälte höchstens 40 Grad. Die Temperatur t_4 ist selbstverständlich gegeben.

Die Factoren $\frac{u}{q}$ sind nicht allgemein zu behandeln: der kreisförmige und der quadratische Querschnitt gewähren noch eine einfache Beziehung; die rechteckigen Querschnitte dagegen, welche meistens Verwendung finden, sind nur für jeden einzelnen Fall zu berechnen. Zur Erleichterung der Rechnung möge die neben stehende Tabelle dienen.

Werthe $\frac{u}{q}$ für kreisförmige, quadratische und rechteckige Canal-Querschnitte.

Kreisförmiger Querschnitt.				Quadratischer Querschnitt.				Rechteckiger Querschnitt.							
Weite.	u	q	$\frac{u}{q}$	Weite.	u	q	$\frac{u}{q}$	Querschnitt.	u	q	$\frac{u}{q}$	Querschnitt.	u	q	$\frac{u}{q}$
0,150	0,471	0,0177	26,6	0,150	0,6	0,0225	26,6	0,14 × 0,14	0,56	0,0196	28,6	0,40 × 0,79	2,38	0,3160	7,53
0,175	0,549	0,0240	22,9	0,175	0,7	0,0306	22,9	» × 0,27	0,82	0,0378	21,7	» × 0,92	2,64	0,3680	7,17
0,200	0,628	0,0314	20,0	0,200	0,8	0,0400	20,0	» × 0,40	1,08	0,0560	19,3	» × 1,05	2,90	0,4200	6,90
0,25	0,785	0,0491	16,0	0,25	1,0	0,0625	16,0	» × 0,53	1,34	0,0742	18,0	0,53 × 0,53	2,12	0,2809	7,55
0,30	0,942	0,0707	13,3	0,30	1,2	0,0900	13,3	» × 0,66	1,60	0,0924	17,3	» × 0,66	2,38	0,3498	6,80
0,35	1,099	0,0962	11,4	0,35	1,4	0,1225	11,4	» × 0,79	1,86	0,1106	16,8	» × 0,79	2,64	0,4187	6,30
0,40	1,257	0,1256	10,0	0,40	1,6	0,1600	10,0	» × 0,92	2,12	0,1288	16,5	» × 0,92	2,90	0,4876	5,95
0,45	1,414	0,1590	8,89	0,45	1,8	0,2025	8,89	» × 1,05	2,38	0,1470	16,2	» × 1,05	3,16	0,5565	5,68
0,50	1,57	0,196	8,00	0,50	2,0	0,2500	8,00	0,27 × 0,27	1,08	0,0729	14,8	0,66 × 0,66	2,64	0,4356	6,06
0,55	1,73	0,237	7,27	0,55	2,2	0,3025	7,27	» × 0,40	1,34	0,1080	12,4	» × 0,79	2,90	0,5214	5,56
0,60	1,88	0,283	6,67	0,60	2,4	0,3600	6,67	» × 0,53	1,60	0,1431	11,2	» × 0,92	3,16	0,6072	5,20
0,65	2,04	0,332	6,15	0,65	2,6	0,4225	6,15	» × 0,66	1,86	0,1782	10,4	» × 1,05	3,42	0,6930	4,94
0,70	2,20	0,385	5,71	0,70	2,8	0,4900	5,71	» × 0,79	2,12	0,2133	9,94	0,79 × 0,79	3,16	0,6241	5,06
0,75	2,36	0,442	5,33	0,75	3,0	0,5625	5,33	» × 0,92	2,38	0,2484	9,58	» × 0,92	3,42	0,7268	4,70
0,80	2,51	0,503	5,00	0,80	3,2	0,6400	5,00	» × 1,05	2,64	0,2835	9,31	» × 1,05	3,68	0,8295	4,43
0,85	2,67	0,567	4,70	0,85	3,4	0,7225	4,70	0,40 × 0,40	1,60	0,1600	10,00	0,92 × 0,92	3,68	0,8464	4,34
0,90	2,83	0,636	4,44	0,90	3,6	0,8100	4,44	» × 0,53	1,86	0,2120	8,77	» × 1,05	3,94	0,9660	4,08
0,95	2,98	0,709	4,21	0,95	3,8	0,9025	4,21	» × 0,66	2,12	0,2640	8,03	1,05 × 1,05	4,20	1,1025	3,81
1,00	3,14	0,785	4,00	1,00	4,00	1,0000	4,00								
Meter.	Meter.	Quadr.-Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.-Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.-Meter.		Meter.	Meter.	Quadr.-Meter.	

Beifpiel. Es fei gegeben: $v_1 = v_2 = v_3$; $t_1 = -20$ Grad; $\gamma_1 = 1{,}38$; $h_1 = 1{,}5$ m; $l_1 = 6{,}2$ m; $t_3 = +40$ Grad; $\gamma_3 = 1{,}14$; $h_2 = 2{,}4$ m; $h_3 = 2{,}2$ m; $l_3 = 0$; $t_4 = +20$ Grad; $\gamma_4 = 1{,}22$; $h_c = 1{,}9$ m; $W = 12000$, und $\Sigma \xi = 1 + 0{,}4 + 1 + 1 + 0{,}4 + 1 = 4{,}8$; ferner werde angenommen: $q_1 = 0{,}66$ m $\times$ 0,66 m $= 0{,}44$ qm; $\frac{u_1}{q_1} = 6$; $q_2 = 0{,}5$ qm; $u_2 = 7$ m; $\frac{u_2}{q_2} = 14$; $q_3 = 0{,}66$ m $\times$ 0,79 m $= 0{,}52$ qm; $\frac{u_3}{q_3} = 5{,}56$. Alsdann wird verlangt

$$v = \frac{12000}{0{,}24\,(40 - 20) \cdot 3600 \cdot 0{,}52 \cdot 1{,}14} = 1{,}2 \text{ m}.$$

Nach der abgekürzten Gleichung 121 ift zu erreichen

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{(1{,}2 + 2{,}2)\,[40 - (-20)] - 1{,}9 \cdot 20}{0{,}012\,[(1{,}5 + 6{,}2)\,6 + 2{,}4 \cdot 14 + 2{,}2 \cdot 5{,}56] + 4{,}8}},$$

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{204 - 38}{1{,}1 + 4{,}8}} = 1{,}325 \text{ m}.$$

Nach dem genaueren Rechnungsverfahren ergiebt fich

$$0{,}004 \left[\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2}\, h_c\right] =$$

$$= \left[\gamma_1 \left(20\,\varkappa\, l_1 \frac{u_1}{q_1} + \Sigma \xi_1\right) + \gamma_2 \left(20\,\varkappa\, l_2 \frac{u_2}{q_2} + \Sigma \xi_2\right) + \gamma_3 \left(20\,\varkappa\, l_3 \frac{u_3}{q_3} + \Sigma \xi_3\right)\right] \frac{v^2}{2g} +$$

$$0{,}004\,[3{,}4 \cdot 60 - 20 \cdot 1{,}9] = \Big\{1{,}38\,[0{,}012 \cdot (1{,}5 + 6{,}2)\,6 + 1 + 0{,}4 + 1] + \frac{1{,}14 + 1{,}38}{2}\,(0{,}012 \cdot 2{,}4 \cdot 14)$$

$$+ 1{,}14\,[0{,}012 \cdot 2{,}2 \cdot 5{,}56 + 1 + 0{,}4 + 1]\Big\} \frac{v^2}{19{,}6},$$

$$v = \sqrt{\frac{0{,}004 \cdot 166 \cdot 19{,}6}{1{,}38\,(0{,}012 \cdot 7{,}7 \cdot 6 + 2{,}4) + 1{,}26\,(0{,}012 \cdot 2{,}4 \cdot 14) + 1{,}14\,(0{,}012 \cdot 2{,}2 \cdot 5{,}56 + 2{,}4)}} = 1{,}323 \text{ m}.$$

Es ftimmt alfo das Ergebnifs der genaueren Rechnung im vorliegenden Falle vorzüglich mit demjenigen der abgekürzten Rechnungsweife.

Das zu erreichende v ift gröfser als das verlangte; legt man nun fehr grofsen Werth auf kleine Canalquerfchnitte, fo hat man verfuchsweife für die q andere Werthe einzufetzen und die Rechnung zu wiederholen u. f. w.

210. Heizung mit Umlauf.

In vielen Fällen wird für Heizungszwecke von der Erneuerung der Luft abgefehen, vielmehr die Luft des zu beheizenden Raumes der Heizkammer behufs wiederholter Erwärmung zurückgeführt. Man nennt diefes Verfahren Heizung mit umlaufender Luft oder einfach **Heizung mit Umlauf**, **Umlaufsheizung** (**Circulationsheizung**), im Gegenfatz zur bisher befprochenen **Heizung mit Lüftung**, **Lüftungsheizung** (**Ventilationsheizung**). In Fig. 109 ift durch punktirte Linien der Rücklauf-Canal angegeben. Der h_4 Meter hohe Canal, fo wie der Zuführungs-Canal der frifchen Luft find als abgefperrt zu betrachten oder überall hinweg zu denken.

Die Luft des Rücklauf-Canales ift leichter, als die Luft des Freien; es hat diefelbe daher, da fie nach unten fich bewegen mufs, einen negativen Auftrieb. Um die Bewegung derfelben hervorzubringen und zu unterhalten, mufs an der in der Heizkammer befindlichen Mündung ein niedrigerer Druck herrfchen, als an der im Zimmer C liegenden Mündung. Dies kann dadurch erreicht werden, dafs der Druck im unteren Theile der Heizkammer niedriger, oder derjenige im unteren Theile des Zimmers C höher als derjenige der freien Luft ift; es kann auch der erforderliche Ueberdruck erzielt werden, indem fowohl der eine als auch der andere der obigen Fälle ftattfindet. Jedenfalls mufs der erforderliche Druckunterfchied durch den pofitiven Auftrieb der von der Heizkammer zum Zimmer C emporfteigenden warmen Luft hervorgebracht werden. Man kann nun den pofitiven, wie den nega-

tiven Auftrieb auf Grund des Vergleiches der Luftgewichte mit dem Gewichte der freien Luft einzeln berechnen und durch Zufammenziehen den verfügbaren Reft des pofitiven Auftriebes gewinnen, welcher den Widerftänden gegenüber zu ftellen ift, oder man kann das Canalnetz einfchliefslich Heizkammer und zu beheizendem Raume als ein gefchloffenes Canalnetz betrachten, fo dafs der Auftrieb fofort aus dem Vergleiche der Luftgewichte des fteigenden und des zurückführenden Theiles der Canäle gewonnen wird. Letzteres Verfahren ift einfacher und foll defshalb hier verfolgt werden.

Es liegt hier der durch Fig. 82 (S. 173) verfinnlichte Fall, für den der Auftrieb durch die Gleichung 112 ausgedrückt wurde, vor, wenn die warme Luft durch die Decke des Zimmers oder doch unmittelbar an derfelben eintritt, und es ift alsdann zur Beftimmung der Auftriebsgröfse die angezogene Gleichung zu benutzen. In der Regel befindet fich jedoch die Luft-Austrittsöffnung, wie auch in Fig. 109 angedeutet ift, in einiger Entfernung von der Decke, und dann ift Gleichung 112 nicht mehr zutreffend. Die in das Zimmer entweichende warme Luft erhebt fich aus bekannten Gründen fofort zur Decke, giebt dort und auf dem Rückwege bis in die Höhe der Luft-Zufuhröffnung einen Theil ihrer Wärme ab, fo dafs in diefer Höhe eine Temperatur herrfcht, welche nennenswerth niedriger ift, als die Temperatur t_3. Genau genommen würde man diefe Temperatur, wie diejenige t_4 der abfliefsenden Luft, für jeden einzelnen Fall befonders beftimmen und den (negativen) Auftrieb innerhalb der Höhe h_c als Theil des ganzen Ausdruckes behandeln müffen. In einzelnen Fällen wird das angedeutete, umftändliche Verfahren nicht zu vermeiden fein; für gewöhnlich kann man aber den betreffenden Werth vernachläffigen, da die Temperatur-Abnahme der Luft innerhalb der Höhe h_c eine geringe ift, und für die Temperatur t_4 der abftrömenden Luft die mittlere des Zimmers in Anfatz gebracht wird.

Der Auftrieb für die Umlaufsheizung wird daher für gewöhnlich, wie folgt, genau genug beftimmt.

$$\mathfrak{A} = (h_2 + h_3)(1{,}3 - 0{,}004\, t_4) - h_2 \left(1{,}3 - 0{,}004 \frac{t_4 + t_3}{2}\right) - h_3 (1{,}3 - 0{,}004\, t_3),$$

$$\mathfrak{A} = 0{,}004 \left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 127.$$

Die der Luftbewegung fich entgegenftellenden Widerftände betragen nach Gleichung 79 (S. 162)

$$\mathfrak{W} = \gamma \left(20\, \varkappa\, l \frac{u}{g} + \Sigma \xi\right) \frac{v^2}{2g};$$

fonach ift

$$0{,}004 \left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_4) = \gamma \left(20\, \varkappa\, l \frac{u}{g} + \Sigma \xi\right) \frac{v^2}{2g} \quad . \; . \; . \; 128.$$

zu fetzen, woraus fich

$$v = \sqrt{\frac{0{,}004 \cdot 19{,}6}{1{,}254}} \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_4)}{0{,}012\, l \frac{u}{g} + \Sigma \xi}} \quad . \; . \; . \; . \; 129.$$

ergiebt, wenn $\varkappa = 0{,}0006$ und $\gamma = 1{,}254$ ($t = 12$ Grad) gefetzt wird. Der Werth des erften Wurzelausdruckes ift dann $= 0{,}25$. Angefichts der hierdurch gewonnenen Einfachheit darf man, zumal die Gröfse γ nur auf das Rechnungsergebnifs der

Widerftände von Einflufs ift, für das wechfelnde γ in der Regel den angegebenen feften Werth einfetzen. Es wird dadurch der Ausdruck für die zu erreichende Gefchwindigkeit

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_4)}{0{,}012\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma \xi}}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad 130.$$

welcher der Gleichung 121 (S. 189) für Lüftungsheizung ganz ähnlich ift.

Der Werth des verlangten v ift felbftverftändlich hier dem durch Gleichung 126 (S. 190) gegebenen gleich. Auch gilt für die Berechnung der Canäle einer Umlaufsheizung daffelbe, was in Art. 209 (S. 188) über diejenige einer Lüftungsheizung gefagt wurde.

Beifpiel. Das vorhin für Lüftungsheizung berechnete Beifpiel mag nunmehr für Umlaufsheizung berechnet werden. Es fei (Fig. 109) $l_5 = 0$, d. h. es foll der Rücklaufs-Canal neben dem Warmluft-Canal liegen; ferner follen die Gefchwindigkeiten v in der Heizkammer, dem Warmluft- und dem Rücklauf-Canal unter fich gleich fein.

Aus dem Vergleich der Gleichung 117 mit Gleichung 127 ergiebt fich ohne Weiteres, dafs der Auftrieb für die Umlaufsheizung erheblich kleiner ift, als derjenige für die Lüftungsheizung. Defshalb möge angenommen werden:

$$q_2 = 0{,}6\ \text{qm};\quad u_2 = 7{,}2\ \text{m};\quad \frac{u_2}{q_2} = 12;$$

$$q_3 = 0{,}66 \times 0{,}92 = 0{,}6\ \text{qm};\quad \frac{u_3}{q_3} = 5{,}2;$$

$$q_4 = 0{,}66 \times 0{,}79 = 0{,}52\ \text{qm};\quad \frac{u_4}{q_4} = 5{,}56;$$

alsdann ift das zu erreichende

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{(1{,}2 + 2{,}2)\,(40 - 20)}{1 + 0{,}012 \cdot 2{,}4 \cdot 12 + 1 + 0{,}012 \cdot 2{,}2 \cdot 5{,}2 + 0{,}4 + 1 + 1 + 1 + 0{,}4 + (2{,}4 + 2{,}2 - 1{,}9)\,0{,}012 \cdot 5{,}56}} = 0{,}75,$$

während

$$v = \frac{12000}{0{,}24\,(40 - 20)\,3600 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}14} = 1\ \text{m}$$

zur Erreichung des Zweckes erforderlich ift. Man mufs daher die Canalquerfchnitte vergröfsern, wenn fonftige Aenderungen in den Vorlagen nicht zuläffig find.

Es werde defshalb angenommen:

$$q_2 = 0{,}83;\qquad u_2 = 8{,}3;\quad \frac{u_2}{q_2} = 10;$$

$$q_3 = 0{,}79 \times 1{,}05 = 0{,}83;\quad \frac{u_3}{q_3} = 4{,}43;$$

$$q_4 = 0{,}79 \times 0{,}92 = 0{,}73;\quad \frac{u_4}{q_4} = 4{,}7,$$

fo dafs

$$v = \sqrt{\frac{(1{,}2 + 2{,}2)\,(40 - 20)}{0{,}012\,(2{,}4 \cdot 10 + 2{,}2 \cdot 4{,}43 + 2{,}7 \cdot 4{,}7) + 5{,}8}} = 0{,}82\ \text{m}$$

zu erreichen ift, während beifpielsweife für den Querfchnitt q_3

$$v = \frac{12000}{0{,}24\,(40 - 20) \cdot 3600 \cdot 0{,}83 \cdot 1{,}14} = 0{,}74\ \text{m}$$

verlangt wird. Benutzt man einen der anderen Querfchnitte zur Berechnung des erforderlichen v, fo kommt man zu faft gleichen Ergebniffen; es find daher die zuletzt gemachten Annahmen reichlich genügend.

Es möge darauf hingewiefen werden, dafs für gewöhnlich die Aenderung der Querfchnitte auf die zu erreichende Luftgefchwindigkeit von fehr geringem Einflufs ift, indem die Reibungswiderftände bei verhältnifsmäfsig kurzen Canälen den übrigen Widerftänden gegenüber eine faft verfchwindende Rolle fpielen.

Aus dem Ergebnifs der Rechnung erfieht man, dafs die Heizungen mit Umlauf gröfsere Canalquerfchnitte oder geringere Luftgefchwindigkeiten bedingen, als die Heizungen mit Lüftung. Vor allen Dingen dürfte aber Jeder, welcher die Rechnung forgfältig verfolgt, einfehen, dafs mit fog. Fauftrechnungen die vorliegende Aufgabe niemals befriedigend gelöst werden kann.

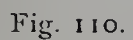
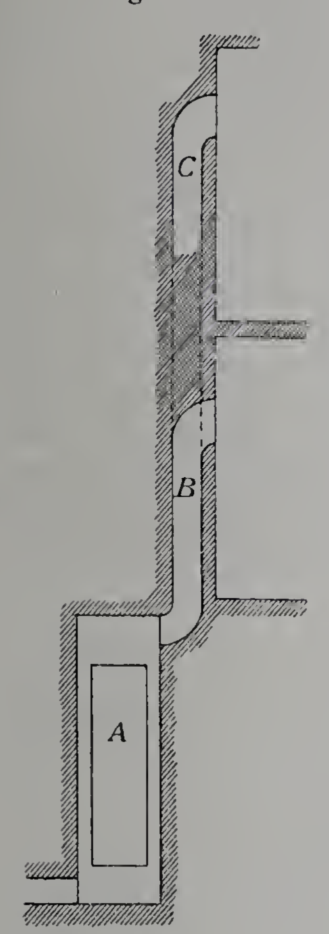


Fig. 110.



211. Verzweigte Luft-leitungen.

Wenn von einer Heizkammer aus mehrere Räume mit Wärme oder von einer Stelle aus durch Auftrieb mehrere Zimmer mit frifcher Luft verforgt werden follen, fo wird die Rechnung zufammengefetzter. Man hat dann dafür zu forgen, dafs an den Stellen, an denen mehrere Canäle in einen Raum, z. B. in die Heizkammer oder einen Hauptcanal, münden, gleiche Drücke herrfchen. Soll z. B. die Heizkammer *A* (Fig. 110) zwei Zimmer in verfchiedenen Gefchoffen mit Wärme, bezw. Luft verforgen, fo ift offenbar der Auftrieb des Canales *B* geringer, als derjenige des Canales *C*; man mufs defshalb die Widerftände fo bemeffen, dafs der Auftrieb in *C* in entfprechendem Grade aufgezehrt wird, fo dafs der eine Canal den anderen im Bezuge der Luft aus der Heizkammer nicht beeinträchtigt. Ift bei beabfichtigter Leiftung der Auftrieb des Canales *C* nach Abzug des Widerftandes erheblich gröfser, als der eben fo beftimmte Reft des Auftriebes des Canales *B*, fo erfährt der Druck in der Heizkammer durch erfteren eine folche Verringerung, dafs die Gefchwindigkeit in *B* fo weit vermindert wird, bis die erwähnten Auftriebsrefte wieder gleich werden, d. h. die Leiftungsfähigkeit von *B* verkleinert wird, unter gleichzeitiger Erhöhung der Leiftung des Canales *C*. Geeignete Verhältniffe können auf diefem Wege zum Stillftande der Luft in *B* führen oder gar zum fog. »falfchen Gange«, d. h. zur abfteigenden Bewegung im Canal *B*. Sobald letztere eingeleitet ift, erhält fie fich felbft, indem der Inhalt des Canales die Temperatur der kälteren Zimmerluft erhält. Daffelbe kann eintreten, wenn, wie Fig. 111 darftellt, die beiden lothrechten Canäle *B* und *C* von einem gemeinfchaftlichen Hauptcanale aus mit Luft verforgt werden follen.

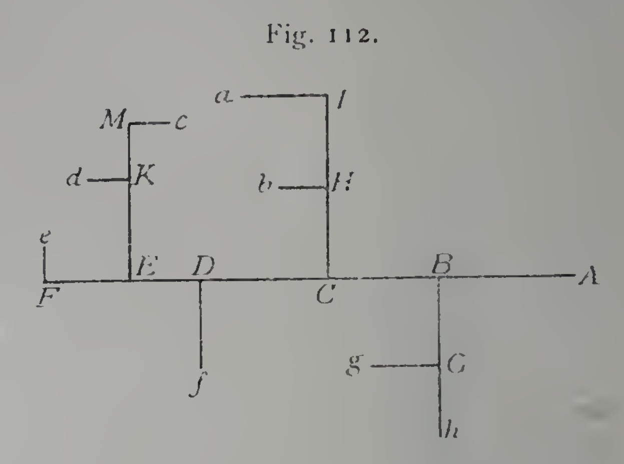
Fig. 111.

So fern ein anderes Mittel zur Bewegung der Luft verwendet wird, als der Auftrieb, fo ift in derfelben Weife zu rechnen, wie vorhin gezeigt wurde.

Von dem Punkte *A* (Fig. 112) aus foll nach den Punkten *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* und *h*, welche Punkte in verfchiedener Höhe liegen, Luft gefandt werden. Die Luftmengen, fo wie die Temperaturen derfelben find bekannt; die Lage des Röhrennetzes ift nach den örtlichen Verhältniffen fo gewählt, wie Fig. 112 erkennen läfft. Man berechnet alsdann die Widerftände von einer der Canalmündungen aus rückwärts fchreitend bis zu dem Punkte, an welchem der betreffende Canal abzweigt und fährt fo fchrittweife bis zum Punkte *A* fort. Man forgt dafür, dafs an den Verzweigungspunkten gleiche Drücke verlangt werden, mufs alfo die Widerftände, welche bis hierher gefunden waren, nach Umftänden entfprechend ver-

gröfsern, bezw. verringern. Beifpielsweife mag bei c begonnen werden. Die Widerftände von c über M bis K werden, nach fchätzungsweifer Feftftellung der Canalquerfchnitte und unter Berückfichtigung etwaigen Auftriebes, zu $\mathfrak{W}_1$ berechnet. Alsdann beftimmt man die Querfchnitte in derfelben Weife für die Strecke dK, und zwar fo, dafs an der Mündungsftelle K derfelbe Widerftand fich ergiebt; nunmehr beftimmt man die Widerftände der Luftmengenfumme, die bei c und d ausftrömen foll, nach Wahl der Querfchnitte u. f. w. bis E zu $\mathfrak{W}_2$ und forgt dafür, dafs die Widerftände von e über F bis E auch gleich $\mathfrak{W}_1 + \mathfrak{W}_2$ werden u. f. w. Fällt dann die Summe der Widerftände für den Punkt A gröfser aus, als die zur Verfügung ftehende Kraft, fo ift das ganze Verfahren, unter Aenderung der Querfchnitte und nach Umftänden auch der Lage der Canäle, bezw. der Temperaturen, zu wiederholen, bis das gewünfchte Ergebnifs vorliegt. Selbftverftändlich verfährt man gerade fo, wenn vom Punkte A aus beftimmte Luftmengen durch Oeffnungen abgefaugt werden follen, welche bei $a, b \ldots h$ fich befinden.

Fig. 112.



212.
Rauch-Canäle.

Die Bewegungswiderftände in den Rauch-Canälen und Feuerungen müfften, wollte man ftreng verfahren, eben fo berechnet werden, wie hier für Luftleitungen im Allgemeinen auseinandergefetzt wurde. Die Berechnung des Widerftandes der Luft in der Brennftofffchicht ift jedoch faft unmöglich; jedenfalls gewährt fie keine brauchbaren Ergebniffe. Die Rauch-Canalwiderftände find wegen der Unbekanntfchaft mit den Temperaturen auch nur fehr unficher zu beftimmen. Man pflegt defshalb die Widerftände, welche die Luft im Feuer und der Rauch auf dem Wege, längs welchem er den nützlichen Theil der Wärme abgiebt, erfährt, auf Grund von Erfahrungen zu fchätzen. Weiter unten werden hierüber einige Angaben folgen.

213
Rauch-fchornfteine.

Die Schornfteine, auch Rauchfchlote oder Raucheffen genannt, haben die Rauchgafe der Feuerungen abzuführen, bezw. den zur Ueberwindung der Widerftände nöthigen Auftrieb hervorzubringen; fie können auf folgende Weife berechnet werden.

Fig. 113.

Es fei Fig. 113 ein Schornftein, deffen Querfchnitt auf der ganzen Höhe gleich bleibt, deffen Höhe h ift und in dem t_2 Grad warmer, γ_2 fchwerer Rauch mit der Gefchwindigkeit v fich bewegt. Die Temperatur der freien Luft fei t_1 Grad, das Einheitsgewicht derfelben γ_1, und die Bewegungshinderniffe bis zum Fufse des Schornfteines feien p. Alsdann gewinnt man durch Gegenüberftellen des Auftriebes und der Widerftände

$$h(\gamma_1 - \gamma_2) = \gamma_2 \left(1 + 20 \varkappa h \frac{u}{q}\right) \frac{v^2}{2g} + p \quad \ldots \quad 131.$$

Es ift aber

$$v = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q\, \gamma_2}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 132.$$

wenn $\mathfrak{L}$ die ftündlich zu fördernde Rauchmenge bezeichnet; fonach

$$h \left(\gamma_1 - \gamma_2 - \gamma_2 \cdot 20 \varkappa \frac{u}{q} \frac{\mathfrak{L}^2}{3600^2 q^2 \gamma_2^2} \frac{1}{2g}\right) = \gamma_2 \frac{\mathfrak{L}^2}{3600^2 q^2 \gamma_2^2} \frac{1}{2g} + p,$$

und hieraus

$$h = \frac{\mathfrak{L}^2 + 3600^2\, q^2\, \gamma_2\, p \,.\, 2g}{(\gamma_1 - \gamma_2)\,(3600^2\, q^2\, \gamma_2 \,.\, 2g) - 20\, \varkappa\, \frac{u}{q}\, \mathfrak{L}^2} \quad \ldots \quad 133.$$

Ferner gewinnt man aus Gleichung 131 u. 132

$$[h(\gamma_1 - \gamma_2) - p]\, q^2 = \left(1 + 20\, \varkappa\, h\, \frac{u}{q}\right) \frac{\mathfrak{L}^2}{3600^2\, \gamma_2} \,.\, \frac{1}{2g},$$

oder

$$q = \sqrt{\frac{1 + 20\, \varkappa\, h\, \frac{u}{q}}{[h\,(\gamma_1 - \gamma_2) - p]\, 2g\, \gamma_2}} \,.\, \frac{\mathfrak{L}}{3600} \quad \ldots \quad 134.$$

Endlich ift aus den Gleichungen 131 u. 132 abzuleiten, wenn man allgemein die Länge des Rauchweges, von der Stelle anfangend, wo die Widerftände zur Gröfse p fich angefammelt haben, bis zur Mündung des Schornfteines l und die innerhalb diefer Länge auftretenden, von Ablenkungen herrührenden Widerftände (vergl. Art. 177, S. 160) $\Sigma\,\xi$ nennt,

$$h\,(\gamma_1 - \gamma_2) = \gamma_2 \left(\Sigma\,\xi + 20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q}\right) \frac{1}{2g} \,.\, \frac{1}{\gamma_2^{\,2}} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2 + p,$$

oder

$$\gamma_2^{\,2} - \left(\gamma_1 - \frac{p}{h}\right) \gamma_2 + \frac{\Sigma\,\xi + 20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q}}{2\,g\,h} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2 = 0,$$

d. h.

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2}\right)^2 - \frac{\Sigma\,\xi + 20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q}}{2\,g\,h} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2} \quad \ldots \quad 135.$$

Das Zeichen vor dem Wurzelausdruck diefer Gleichung mufs unbedingt + fein, da das Einheitsgewicht γ_2 des Rauches um fo kleiner zu machen ift, je gröfser die Rauchmenge und die Widerftände, je kleiner h und q find.

Das Einheitsgewicht des Rauches ift aber nach Gleichung 82 (S. 163)

$$\gamma_2 = 1{,}25 - 0{,}0027\, t_2;$$

fetzt man diefen Werth in Gleichung 135 ein, fo gewinnt man

$$t_2 = 370 \left[1{,}25 - \frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2}\right)^2 - \frac{\Sigma\,\xi + 20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q}}{2\,g\,h} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2}\, \right] \quad . \quad 136.$$

Für gewöhnlich wird man $\gamma_1 = 1{,}2$, alfo $t_1 = 25$ Grad, $\frac{20\,\varkappa}{2g} = \frac{20\,.\,0{,}00098}{19{,}6} = 0{,}001$ fetzen können, wodurch Gleichung 136 fich vereinfacht zu

$$t_2 = 185 \left[1{,}3 + \frac{p}{h} - \sqrt{\left(1{,}2 - \frac{p}{h}\right)^2 - \frac{0{,}2\, \Sigma\,\xi + 0{,}004\, l\, \frac{u}{q}}{h} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2}\, \right] \quad . \quad 137.$$

Beifpiele. α) Es fei gegeben: $L = 1600$ kg; $p = 8$ kg; $q = 0{,}66 \times 0{,}66 = 0{,}44$; $\frac{u}{q} = 6$; $t_2 = 150$ Grad, alfo $\gamma_2 = 1{,}25 - 0{,}0027 \,.\, 150 = 0{,}85$; $t_1 = 25$ Grad, alfo $\gamma_1 = 1{,}3 - 0{,}004 \,.\, 25 = 1{,}2$; die Länge des Schornfteines fei gleich feiner Höhe h und nur ein Ablenkungswiderftand $= \gamma_2 \,.\, 1 \,.\, \frac{v^2}{2g}$ am Fufse des Schornfteines vorhanden. Alsdann ift nach Gleichung 133

$$h = \frac{1600^2 + 3600^2 \,.\, 0{,}44^2 \,.\, 0{,}85 \,.\, 8 \,.\, 19{,}6}{(1{,}2 - 0{,}85)\; 3600^2 \,.\, 0{,}44^2 \,.\, 0{,}85 \,.\, 19{,}6 - 20 \,.\, 0{,}001 \,.\, 6 \,.\, 1600^2} = 23{,}5 \text{ m},$$

und v berechnet fich zu etwa 2,2 m fecundlich.

β) Statt der vorigen feien die folgenden Angaben gemacht: $q = 0{,}5 \times 0{,}5 = 0{,}25$; $\frac{u}{q} = 8$; $h = 14$. Alsdann mufs nach Gleichung 137

$$t_2 = 185 \left[1{,}3 + \frac{8}{14} - \sqrt{\left(1{,}2 - \frac{8}{14}\right)^2 - \frac{0{,}2 \cdot 1 + 0{,}004 \cdot 14 \cdot 8}{14}\left(\frac{1600}{3600 \cdot 0{,}25}\right)^2}\,\right] = 253 \text{ Grad}$$

fein. Um eine weniger hohe Temperatur des Rauches zu erhalten, bequemt man fich vielleicht, den Schornfteinquerfchnitt auf $q = 0{,}66 \times 0{,}66 = 0{,}44$, alfo $\frac{u}{q} = 6$ und die Schornfteinhöhe auf 16^{m} zu erhöhen. Dann wird

$$t_2 = 185 \left[1{,}3 + \frac{8}{16} - \sqrt{\left(1{,}2 - \frac{8}{16}\right)^2 - \frac{0{,}2 \cdot 1 + 0{,}004 \cdot 16 \cdot 6}{16}\left(\frac{1600}{3600 \cdot 0{,}44}\right)^2}\,\right] = 209 \text{ Grad.}$$

Die hier gegebene Berechnungsweife der Schornfteine ift in fo fern ungenau, als fie den Wärmeverluft des Rauches innerhalb des Schornfteines unberückfichtigt läfft. Man kann denfelben von vornherein in Rechnung ftellen, macht dadurch aber die Ausdrücke verwickelter (vergl. weiter unten die Berechnung der Saugfchornfteine) oder nachträglich den Wärmeverluft berechnen und demfelben entfprechend die Temperatur des Rauches am Fufse des Schornfteines erhöhen. Im Beharrungszuftande ift der Wärmeverluft gemauerter Schornfteine meiftens klein genug, um vernachläffigt werden zu können; andererfeits ift der Wärmeverluft bei Inbetriebfetzung überhaupt nicht zu berechnen, wefshalb für gewöhnlich die Beftimmung der Schornftein-Abmeffungen durch die Gleichungen 133, 134 u. 137 genügt.

214. Weite gewöhnlicher Schornfteine.

Die Schornfteine der Kamine und der gewöhnlichen Zimmeröfen pflegt man meiftens nicht zu berechnen [143]). Die Schornfteine der Kamine darf ich hier, da diefelben in Deutfchland faft nur als fog. Kaminöfen, die ähnlich wie die erwähnten Zimmeröfen zu behandeln find, Verwendung finden, unberückfichtigt laffen.

215. Ruffifche Schornfteine.

Für Ofenheizung (und auch für Kochherdfeuerungen) werden gegenwärtig faft nur die fog. engen oder ruffifchen Schornfteine angewendet; diefelben erhalten einen kreisrunden, quadratifchen oder rechteckigen Querfchnitt. Die lichte Weite folcher Schornfteine wählt man meift zwifchen 12 und 25 cm; fie hängt ab von der Gröfse der Feuerung, deren Rauch abzuführen ift, bezw. von der Anzahl der Oefen, die an einen und denfelben Schornftein angefchloffen werden. Für jeden einzuführenden Zimmerofen können hierbei ungefähr 70 qcm gerechnet werden; ein kleiner Küchenherd erfordert etwa den doppelten Schornfteinquerfchnitt; für noch gröfsere Feuerungen mufs man den Querfchnitt entfprechend vermehren [144]).

Für Einzelöfen würde hiernach eine geringere Lichtweite (etwa 9 cm), als das kleinfte der oben genannten Mafse genügen. Die in mehreren deutfchen Bauordnungen geforderte Mindeftweite von 12 cm entfteht, wenn man im Mauerwerk ein Quadrat von ½ Stein Seitenlänge ausfpart und die Innenflächen des fo gebildeten Schornfteines befticht oder verputzt. Werden die Innenflächen nur ausgefugt, fo ergiebt fich eine lichte Weite von 14 cm.

An einen Schornftein von 12 bis 14 cm Weite können zwei, an einen folchen von 15 cm Weite und darüber drei, bezw. mehr gewöhnliche Oefen angefchloffen werden.

Selbftverftändlich mufs man, fobald man möglichft enge Schornfteine verwenden will (was zweckmäfsig ift), auf die durch die Lage des Ofens, bezw. die Höhe des Gebäudes bedingte nutzbare Höhe des Schornfteines Rückficht nehmen, da mit

---

143) Vergl. übrigens: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités.* Paris 1880. S. 149 u. ff.

144) Vergl.: BAUMEISTER, R. Normale Bauordnung. Wiesbaden 1881. §. 33, S. 48.

der Zunahme der nutzbaren Höhe die Leiftungsfähigkeit deffelben, wenn auch nicht in geradem Verhältnifs, wächst.

216. Befteigbare Schornfteine.

Für gröfsere Feuerftellen, fo wie für offene Feuerungen find fog. weite oder befteigbare Schornfteine in Anwendung zu bringen. Der Querfchnitt derfelben foll ein Quadrat oder ein wenig davon abweichendes Rechteck bilden und 0,2 qm grofs fein. Wird die lichte Weite über 0,6 m gewählt, fo find Steigeifen anzubringen.

217. Ein Schornftein für mehrere Oefen.

Es wurde fchon angedeutet, dafs man mehrere Oefen an einen Schornftein lege. Dies ift, bei entfprechender Leiftungsfähigkeit der Schornfteine, unbedenklich, fo lange die Oefen in gleicher Höhe aufgeftellt, gleichzeitig in Benutzung find und dafür geforgt wird, dafs die einzelnen Rauchftröme beim Eintreten in den Schornftein einander nicht ftören. Letzteres erreicht man durch fteigende Lage der einzelnen in den Schornftein mündenden Röhren oder durch verfchiedene Höhenlage der gegenüber liegenden Mündungen. Die gleichzeitige Benutzung der Oefen ift nicht regelmäfsig durchzuführen. Sobald einer der Oefen nicht geheizt wird, tritt durch ihn vermöge der Saugkraft des Schornfteines kalte Luft in diefen und beeinträchtigt den Auftrieb deffelben. Gute Oefen geftatten jedoch, wenn ihre Thüren gefchloffen find, nur geringen Luftmengen den Eintritt, fo dafs die entftehende Störung kaum merklich ift. So findet man, dafs zuweilen vier Oefen an einen entfprechend hohen Schornftein, der 15 bis 20 cm weit ift, mit Erfolg gelegt find.

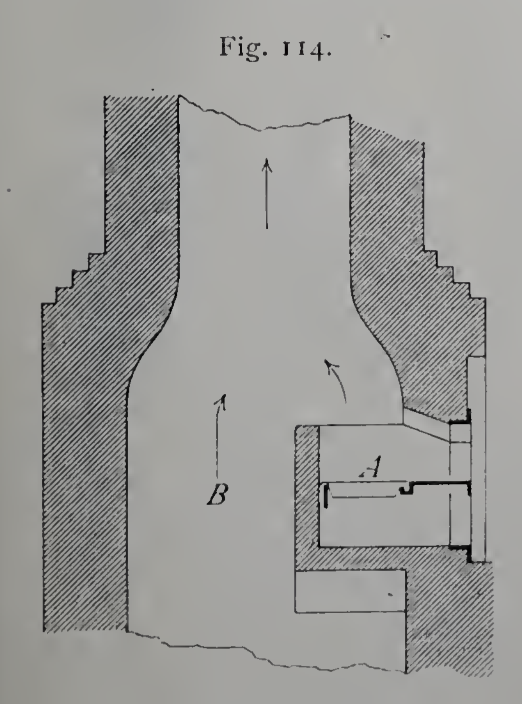
Sobald die Oefen in verfchiedenen Gefchoffen aufgeftellt find, können anderweitige, entfchieden unangenehme Störungen auftreten, welche ich hier in Rückficht auf den Raum nicht erörtern will, da fie aus der allgemeinen Befprechung der Bewegung der Luft in Canälen abgeleitet werden können [145]).

Im Allgemeinen ift es fonach am zweckmäfsigften, jeder Feuerftelle einen befonderen Schornftein zu geben, meiftens aber unzuläffig, in verfchiedenen Gefchoffen befindliche Feuerungen an einen und denfelben Schornftein zu legen.

218. Lockfchornfteine mit befonderer Feuerftelle.

Mit den Rauchfchornfteinen find die Saug- oder Lockfchornfteine, welche beftimmt find, Luft aus beftimmten Räumen zu faugen (vergl. Art. 191, S. 174), fehr nahe verwandt, wefshalb ich die Berechnung derfelben bis an diefe Stelle aufgefpart habe. Sie beftehen im Allgemeinen in einem Schornftein, in welchem die abzufaugende Luft erwärmt wird.

Fig. 114.



Lockfchornftein mit Lockfeuer.
1/100 w. Gr.

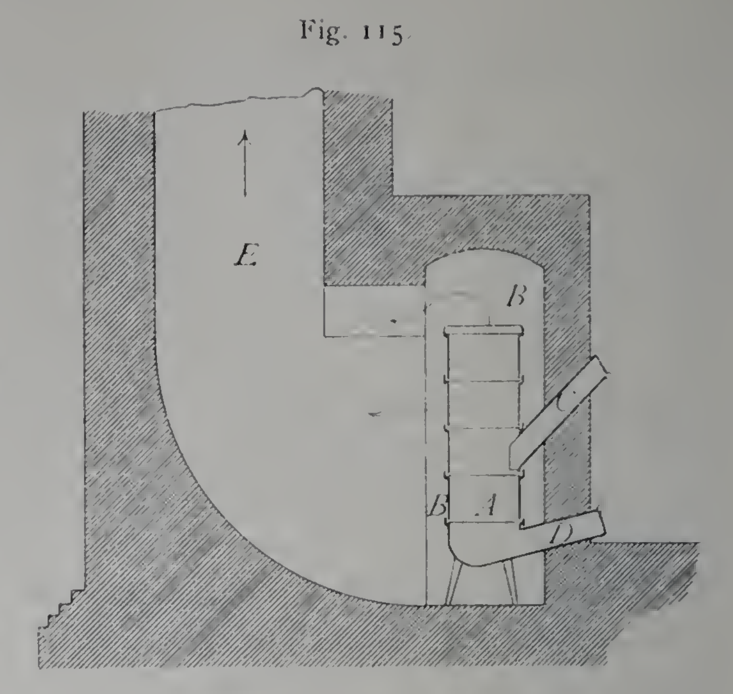
Fig. 114 zeigt den Durchfchnitt des unteren Theiles eines folchen Lockfchornfteines. Bei *A* befindet fich eine Feuerftelle, deren Rauch fich mit derjenigen Luft mifcht, welche bei *B* auffteigt. In Folge der Mifchung diefer Luft mit den heifsen Feuergafen gewinnt die Gefammtheit der Gafe eine mittlere Temperatur, welche den Auftrieb hervorzubringen hat.

Die Anordnung in Fig. 115 ift für eine fichere Mifchung des Rauches und der angefaugten Luft, alfo für fichere Erwärmung der letzteren günftiger. Zwei Canäle *B*, welche winkelrecht gegen die Bildfläche gerichtet find (der eine derfelben liegt vor der Bild-

145) Vergl.: MEIDINGER. Anleitung zu Verfuchen mit dem Zugapparat. Badifche Gwbztg. 1875, S. 1.

fläche und ift defshalb hinweggefchnitten), führen die zu fördernde Luft gegen den Ofen *A*. Diefer befteht aus einem lothrechten eifernen Schacht, in welchen der Brennftoff (Coke) mittels der Schlote *C* eingeworfen wird, während das Reinigen des Feuers und das Speifen deffelben mit Luft unter Benutzung des Halfes *D* ftattfindet. Die zu fördernde Luft erwärmt fich theils an den fehr warmen Wänden des Ofens; theils erfährt fie ihre Erwärmung durch den aus dem oberen offenen Ende des Ofens entweichenden Rauch. Bei *E* ift das Gemifch hergeftellt.

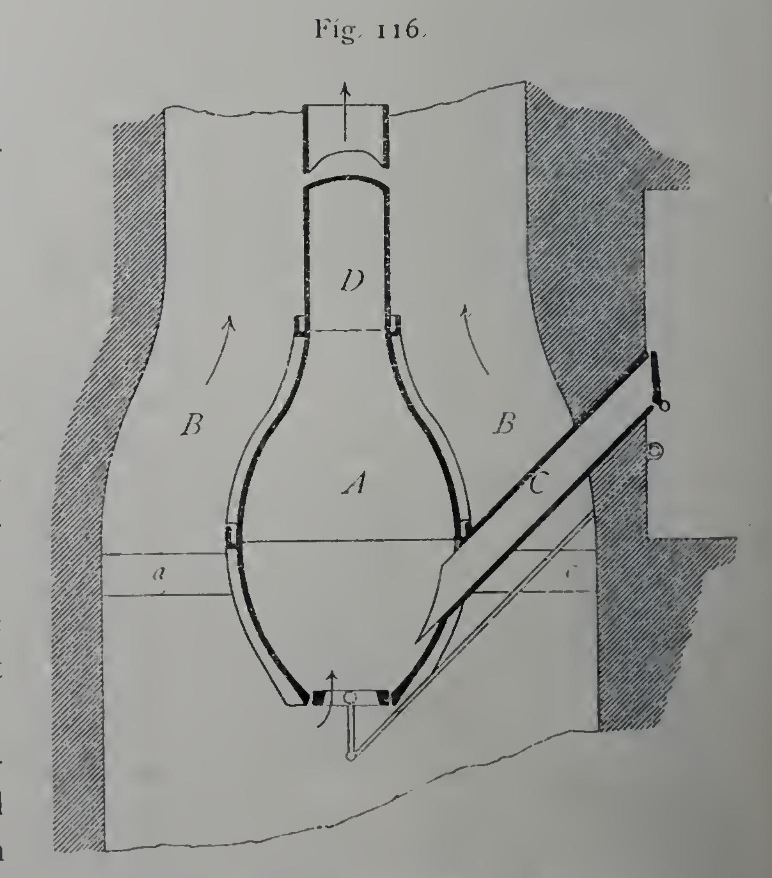
Fig. 115.



Lockfchornftein mit Lockofen. — 1/100 w. Gr.

Die Anordnungen in Fig. 114 u. 115 bedingen die Zuführung der Luft für Unterhaltung des Feuers von aufsen; es wird der Auftrieb des Lockfchornfteines benutzt, um das Feuer anzufachen. Vielfach will man die abzufaugende Luft zur Speifung des Feuers benutzen. Alsdann ift durch einen befonderen Schornftein die Bewegung der Luft durch das Feuer zu vermitteln. Fig. 116 verfinnlicht eine derartige Einrichtung [146]). Ein birnenförmiger gufseiserner Ofen, welcher mittels des Schütthalfes *C* mit Brennftoff verforgt wird, ift auf zwei im Mauerwerk des Schornfteines befeftigte eiferne Träger *a* geftützt. Die zur Verbrennung dienende Luft tritt durch den Boden der Birne ein, wird alfo der abzufaugenden Luft entnommen; die Rauchgafe fteigen im eifernen Schornftein *D* empor und mifchen fich fchliefslich mit der Luft, welche der Schornftein *B* enthält und welche vorher fchon durch die heifsen Wandungen des Ofens erwärmt wurde.

Fig. 116.



Lockfchornftein mit Lockofen [146]). — 1/50 w. Gr.

219.
Erwärmung durch Rauch-Locköfen.

Den Rauch irgend einer Feuerungsanlage, welcher noch eine entfprechend hohe Temperatur befitzt, benutzt man ebenfalls zur Erwärmung der Lockfchornfteine, indem man denfelben in einem eifernen Schornftein auffteigen läfst, welcher in dem Lockfchornftein Platz gefunden hat, oder ihn mit der abzufaugenden Luft fich mifchen läfst. Kann man nicht auf das Vorhandenfein genügender Temperaturen rechnen, fo oft der Zug- oder Lock-

146) Nach: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 15.

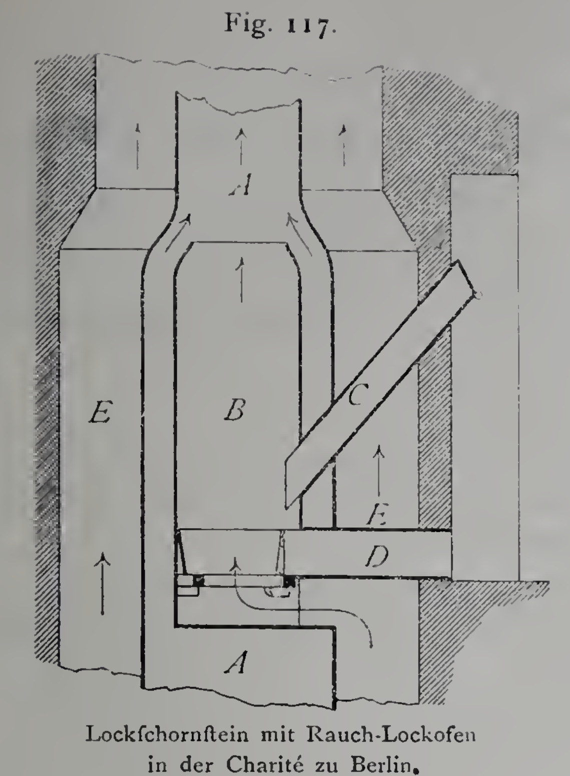


Fig. 117.

Lockfchornftein mit Rauch-Lockofen in der Charité zu Berlin.

fchornftein thätig zu fein hat, fo fügt man wohl einen befonders zu heizenden Lockofen hinzu. Fig. 117 verfinnlicht eine derartige Anordnung, wie fie in der Charité zu Berlin in Gebrauch ift.

A bezeichnet den Schornftein für den Rauch, welcher in der Regel allein die Beheizung des Lockfchornfteines zu übernehmen hat oder doch eine erhebliche Wärmemenge zu diefem Zwecke abzugeben vermag. In einer Erweiterung des Schornfteines *A* ift der Lockofen *B* aufgeftellt, welcher mit Hilfe der Schlote *C* mit Brennftoff gefpeist, deffen Feuer von *D* aus gefchürt und deffen Verbrennungsluft der abzufaugenden Luft entzogen wird. Der Rauch des Schornfteines *A* mifcht fich mit dem Rauche des Lockofens über dem letzteren und erfährt hierdurch die erforderliche Erwärmung, welche dazu dient, unter Vermittelung der Wände des Schornfteines *A* die in *E* fich bewegende, abzufaugende Luft zu erwärmen.

Ein hierher gehöriges, hübfches Beifpiel bildet der Saugfchornftein in der Entbindungs-Anftalt zu Dresden[147]), welchem der erforderliche Wärmezufchufs durch mehrere frei ftehende Oefen geliefert wird.

In manchen Fällen empfiehlt es fich, die Heizung der Lockfchornfteine mittels Dampf vorzunehmen. Fig. 118 ftellt eine entfprechende Anordnung, aus dem Krankenhaufe zu Amfterdam herrührend, in lothrechtem Schnitt dar[148]).

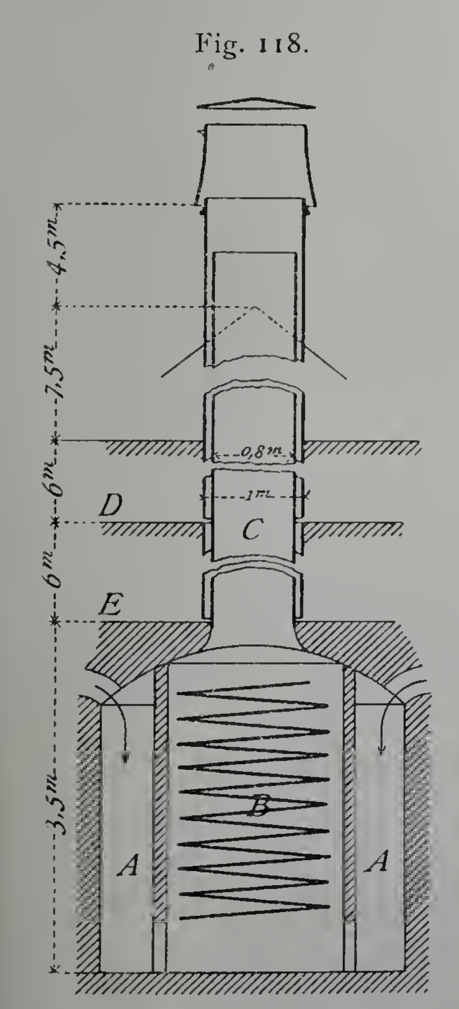


Fig. 118.

Lockfchornftein im Krankenhaufe zu Amfterdam. — $^1/_{100}$ w. Gr.

Die Abluft gelangt durch mehrere Canäle zunächft in den ringförmigen Sammelraum *A*, tritt unter dem unteren Rande einer trommelförmigen Wand hindurch zur Dampffchlange *B*, erwärmt fich dort und fteigt fodann im eifernen Schlot *C* empor. Um eine Wärme-Zufuhr von der Aufsenfläche des Schornfteines *C* an die Krankenfäle *D* und *E* zu verhüten, ift *C* von einem Blechmantel fo umgeben, dafs der frei bleibende Zwifchenraum von Luft durchftrömt wird.

220. Erwärmung durch Leuchtgas.

So fern Leuchtgas zur Verfügung fteht, empfiehlt fich zuweilen, diefes im Schornftein zu verbrennen, um den geforderten Auftrieb zu fchaffen. Man legt die mit Brennern verfehenen Gasröhren in Schornfteine von kreisförmigem Querfchnitt in Form eines Kreifes oder einer Spirale (Fig. 119), in rechteckige Schornfteine in Geftalt eines Rechens (Fig. 120).

Bisweilen benutzt man, wie in Art. 52 (S. 50) u. Art. 137 (S. 131) bereits angedeutet wurde, die Beleuchtungs-Einrichtungen für den gleichen Zweck, indem man die Wärme der Verbrennungsgafe zur Erzeugung des Auftriebes verwendet.

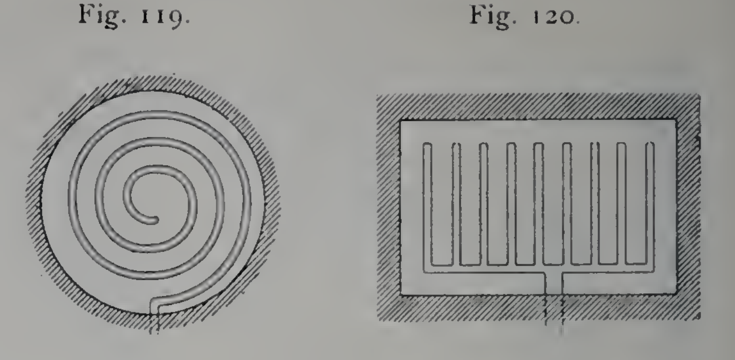
Es follte der Rauch der Leuchtflammen in den zur Luft-Abführung dienenden Schlot, welcher dicht über dem Fufsboden mündet, geführt werden, um diefen zu

147) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 669.

148) Siehe: Gefundh.-Ing. 1884, S. 281.

erwärmen, fo dafs die Luft-Abführung möglichft zugfrei erfolgt (vergl. Art. 175, S. 158). Bei mäfsiger Luft-Abführung, guter Einrichtung und forgfältiger Ueberwachung derfelben ift jedoch eine theilweife Abfaugung durch die Decke, bezw. über den Beleuchtungsflammen zuläffig.

Fig. 119. Fig. 120.



Das in Fig. 35 (S. 50) dargeftellte Kugel- oder Lüftungslicht von *Rickets* erfüllt, wenn auch in geringem Mafse, diefen Zweck, indem unmittelbar unter der Decke Luft aus dem erleuchteten Raume angefaugt und im ringförmigen Raume zwifchen den gleichaxigen Röhren *D* und *E* abgeführt wird.

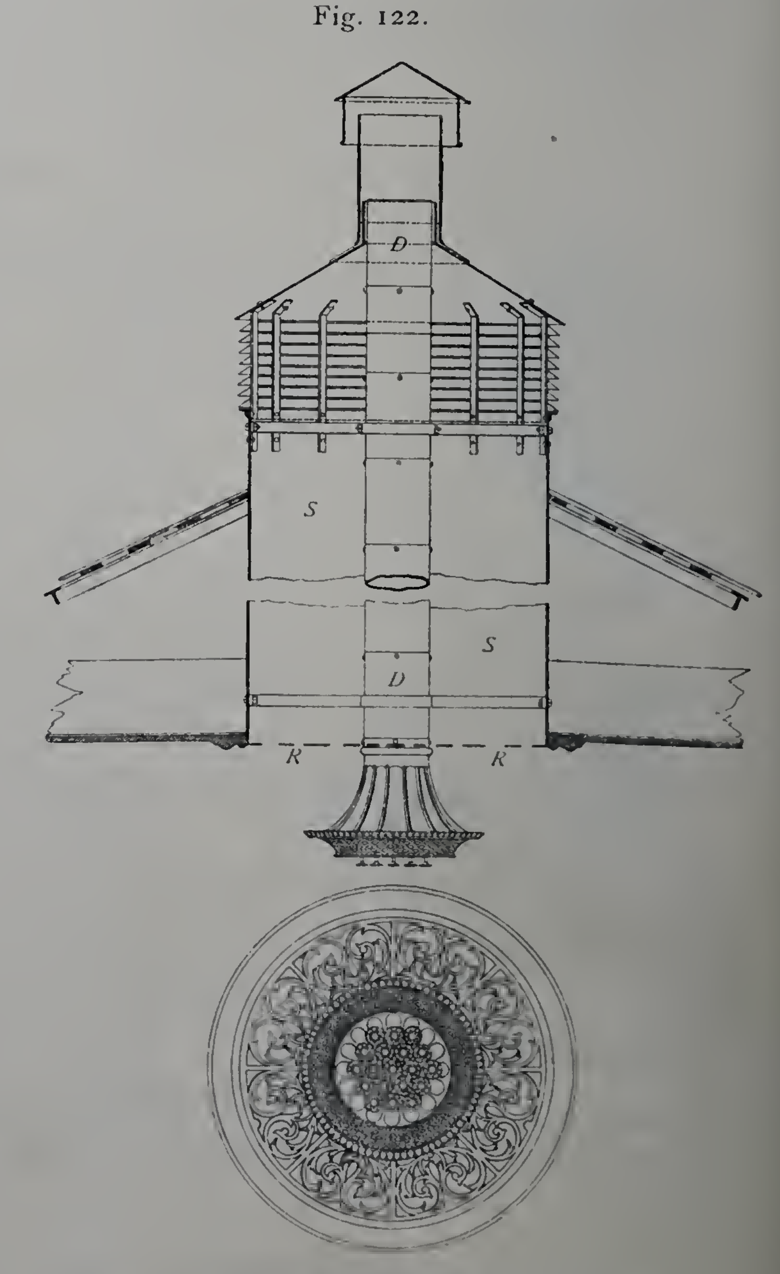
221. Erwärmung durch Sonnenbrenner.

Wirkfamer, aber auch leichter Zug verurfachend, ift der in Art. 52 (S. 51) vorgeführte Sonnenbrenner. Die innere Abzugsröhre *D* des in Fig. 37 dargeftellten Sonnenbrenners führt nicht nur die Verbrennungsgafe hinweg, fondern faugt auch einen nicht geringen Theil der im darunter befindlichen Raume enthaltenen Luft ab; fernere nicht unbeträchtliche Luftmengen fördert der die Röhre *D* gleichaxig umfchliefsende Schacht *F*. Aehnlich wirkt die Anordnung nach Fig. 121; die anzufaugende Luft tritt hierbei auch durch die Decken-Rofette *R* in die Abführungsröhre *D* ein. An Stelle der

Fig. 121.

Lüftungs-Sonnenbrenner von *Strode & Co* in London.
1/35 w. Gr.

Fig. 122.



Lüftungs-Sonnenbrenner von *Strode & Co.* in London.
1/35 w. Gr.

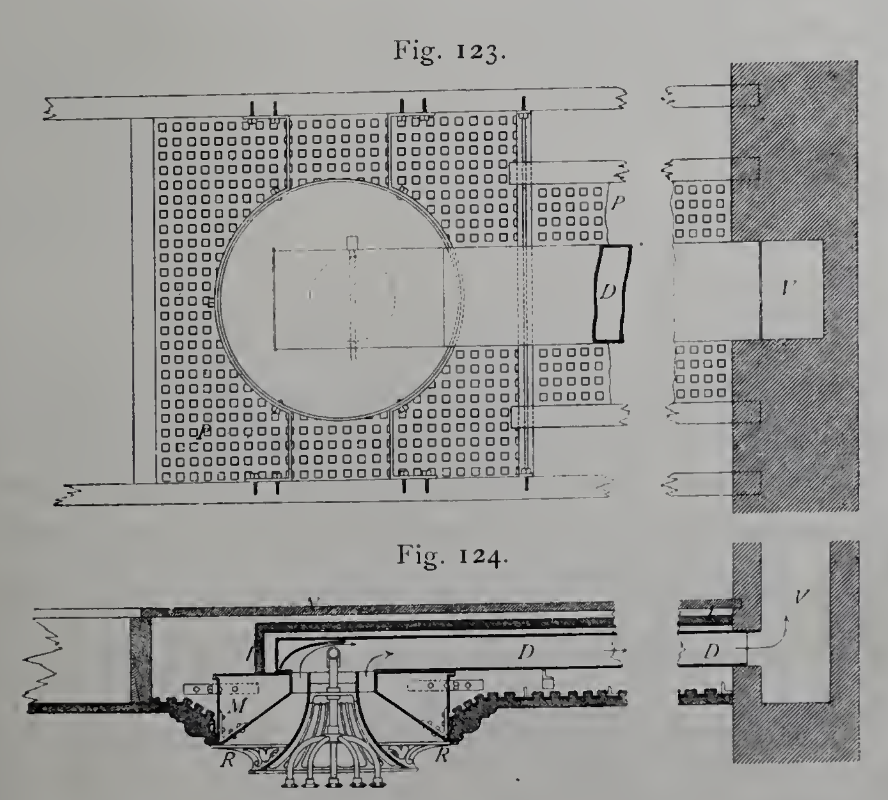
Röhre *F* tritt bei grofsen, vielflammigen Sonnenbrennern ein weiterer Schacht *S*, der zweckmäfsig nach Fig. 122 eingerichtet werden kann; alsdann ift die Wirkfamkeit die gleiche, wie bei den vorher gedachten Lockfchornfteinen mit innen gelegener Rauchröhre.

Einrichtungen, wie die eben erwähnten, können nur Anwendung finden, wenn es ftatthaft ift, durch den Raum, der über dem durch Sonnenbrenner erleuchteten Saale gelegen ift, Schlote u. f. w. zu führen. Geht dies nicht an, fo werden die Verbrennungsgafe und die angefaugte Luft zunächft in einem wagrechten Canal *D* (Fig. 123 u. 124), welcher innerhalb der Decken-Conftruction untergebracht ift, geführt und von hier aus in den feitlich gelegenen, lothrechten Saugfchlot *V* geleitet.

Solche Einrichtungen wirken natürlich nur, wenn die Beleuchtungsflammen in Thätigkeit find. Brennen die letzteren nicht, fo können durch die darüber gelegenen Abzugsröhren u. f. w. in unerwünfchter Weife kalte Luftftrömungen in dem darunter befindlichen Raume Eintritt finden. Um dies zu verhüten, hat man in den gedachten Röhren Droffelklappen oder Schieber angebracht, welche jedesmal zu fchliefsen find, fobald die Sonnenbrenner ausgelöfcht werden. Da indefs bei folcher Anordnung in Folge der Nachläffigkeit der Bedienung leicht Störungen und Unfälle (felbft Explofionen) eintreten können, hat man auch felbftthätige Einrichtungen angewendet.

Fig. 121 zeigt eine folche, der Firma *Strode & Co.* in London patentirte felbftthätige Einrichtung. Von der Gas-Zuführungsröhre *A* zweigt eine lothrechte Röhre *L* ab, welche in die Büchfe *a* mündet; in letzterer kann fich eine Glocke *c* auf- und abbewegen, und durch Queckfilber ift ein Abfchlufs des in diefer Glocke angefammelten Gafes nach aufsen bewirkt. Die Glocke ift durch eine Hebelüberfetzung mit der Droffelklappe *k* fo verbunden, dafs fich letztere öffnet, fobald erftere emporfteigt. Findet kein Gaszuflufs ftatt, fo nimmt die Glocke die tieffte Lage ein, und die Droffelklappe *k* fperrt die Abzugsröhre *D* ab. Soll der Sonnenbrenner benutzt werden und läfft man zu diefem Ende Gas zuftrömen, fo hebt fich die Glocke und öffnet fich dadurch die Klappe.

Ift um die Röhre *D* ein weiterer Saugfchlot *S* (Fig. 122) angeordnet, fo können auch in diefem ringförmige Verfchlufsklappen angebracht und in gleicher Weife ein felbftthätiges Oeffnen und Sperren derfelben bewirkt werden.



Lüftungs-Sonnenbrenner von *Strode & Co.* in London. — 1/35 w. Gr.

In Folge der bedeutenden Wärmeentwickelung ift es erforderlich, Sicherheitsvorkehrungen gegen etwaiges Entzünden von Holzwerk oder fonftigen brennbaren Stoffen, welche fich in der Nähe der Sonnenbrenner vorfinden, zu treffen.

Das einfachfte Mittel ift, den Sonnenbrenner und die von demfelben ausgehende Abzugsröhre *D* (Fig. 121) durch einen genügend weiten Blechmantel *M* gegen das Holzwerk u. dergl. abzufperren; die angefaugte Luft, welche zwifchen Röhre und Mantel emporftrömt, bewirkt eine Abkühlung der von ihr befpülten, durch den Sonnenbrenner ftark erhitzten Flächen. Ift über dem letzteren ein weiter Saugfchlot *S* (Fig. 122) vorhanden, fo bewirkt deffen Wandung die erforderliche Abfperrung. Wenn die Abzugsröhre innerhalb der Decke unterzubringen ift, fo ift der Schutz der Holztheile vor zu hohen Temperaturen fchwieriger. Fig. 123 u. 124 zeigen die von *Strode & Co.* in London angewandte Einrichtung. Der über dem Sonnenbrenner befindliche Theil *N* des Fufsbodens ift durch eine Schiefer-

platte, der entsprechende Theil *P* der Deckenschalung durch eine durchlochte Eisenplatte ersetzt. Zunächst dient auch hier der Mantel *M* zur Sicherung, von dem aus ein wagrechter, aus verzinktem Eisenblech hergestellter Canal *D* nach jener Mauer führt, in der der Schlot *V* gelegen ist. Der Canal *D* hat doppelte Wandungen, die eine Luftschicht zwischen sich lassen; die äußere Wandung desselben ist überdies mit einer schlecht leitenden Cementschicht *I* bedeckt [149]).

Findet die Erwärmung der Lockschornsteine mittels solcher Heizkörper statt, welche mit heißem Wasser oder Dampf gefüllt sind, so kann man die Lockschornsteine aus Holz machen.

222. Lockschornstein ohne Rauchröhre.

Wie auch die Anordnung der Lockschornsteine sein mag, so findet die Erwärmung der abzusaugenden Luft statt: an einer Stelle oder längs eines Theiles der nutzbaren Höhe oder längs der ganzen nutzbaren Höhe des Schornsteines. Es lassen sich daher sämmtliche Lockschornsteine durch die drei Figuren 125, 126 u. 127 versinnlichen.

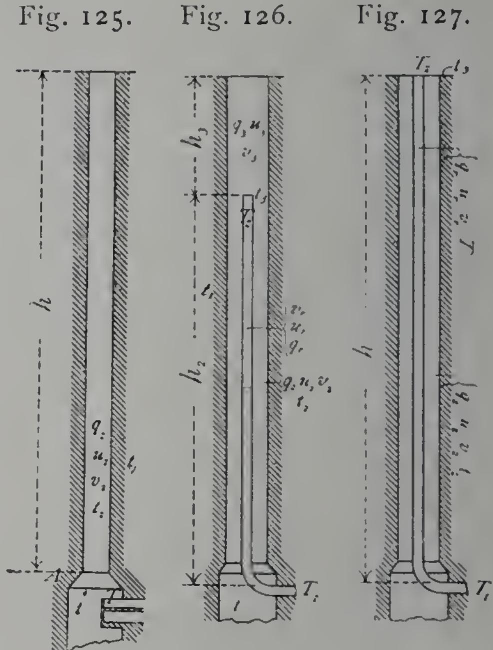


Fig. 125. Fig. 126. Fig. 127.

Die erforderliche Saugkraft p ist als bekannt vorauszusetzen; sie wurde auf Grund der früheren Erörterungen (Art. 211, S. 195) berechnet. In Fig. 125 tritt bei A zu der Luftmenge $\mathfrak{L}$, deren Temperatur t und deren Druck um p geringer ist, als derjenige der äußeren Atmosphäre, der Rauch, dessen Gewicht stündlich Q Kilogr. und dessen Temperatur T Grad beträgt. Die Einheitswärme c werde für beide zu 0,24 angenommen.

Alsdann ist die zu fördernde Gasmenge $\mathfrak{L} + Q$, sonach die Temperatur derselben bei A, da $(\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_2 = \mathfrak{L}\, c\, t + Q\, c\, T$ ist,

$$t_2 = \frac{\mathfrak{L}\, t + Q\, T}{\mathfrak{L} + Q}; \qquad \ldots\ldots \qquad 138.$$

ferner erhält man

$$Q = \mathfrak{L}\, \frac{t_2 - t}{T - t_2}, \qquad \ldots\ldots \qquad 139.$$

so wie

$$\mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L}\left(1 + \frac{t_2 - t}{T - t_2}\right) \quad \text{oder} \quad \mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L}\, \frac{T - t}{T - t_2} \qquad \ldots \qquad 140.$$

Während das Gemisch bis zur Mündung B des Schornsteines strömt, verliert dasselbe einen Theil seiner Wärme durch die Wände des Schornsteines, so daß seine Temperatur auf t_3 Grad sinkt. Der Wärmeverlust steht im geraden Verhältniß zum Temperatur-Unterschied des Schornsteininneren und Schornsteinäußeren, ferner etwa der inneren Oberfläche des Schornsteines $\frac{u_2 + u_3}{2}\, h$; die stündlich von 1 qm bei 1 Grad Temperatur-Unterschied verloren gehende Wärme heiße k; alsdann ist

$$(\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_2 - (\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_3 = k\, h\, \frac{u_2 + u_3}{2} \left(\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1\right),$$

woraus die Gleichung entsteht:

$$\frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{2\,(\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_2 + k\, h\, \frac{u_2 + u_3}{2}\, t_1}{2\,(\mathfrak{L} + Q)\, c + k\, h\, \frac{u_2 + u_3}{2}} \qquad \ldots\ldots \qquad 141.$$

149) Siehe auch: Ventilation mit Gas beleuchteter Wohnungen und Gebäude. Journ. f. Gasb. u. Wass. 1889, S. 274, 303.

Die Geſchwindigkeit v_2 bei A berechnet ſich zu

$$v_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_2 \cdot 3600\, \gamma_2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 142.$$

und diejenige an der Mündung des Schornſteines zu

$$v_3 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_3 \cdot 3600\, \gamma_3} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 143.$$

Der Auftrieb beträgt

$$\mathfrak{A} = h \left(\gamma_1 - \frac{\gamma_2 + \gamma_3}{2}\right) = 0{,}004\, h \left(\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1\right); \quad \ldots \quad 144.$$

er iſt den Widerſtänden $p + \mathfrak{W}$ gleich zu ſetzen, um Werthe für h, q oder T u. ſ. w. zu gewinnen.

Bei ſolchem Verfahren entſtehen jedoch ſehr verwickelte Ausdrücke, weſshalb es vorzuziehen iſt, in folgender Weiſe vorzugehen.

Aus

$$0{,}004\, h \left(\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1\right) = p + \mathfrak{W} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 145.$$

ergiebt ſich

$$\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 = \frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004\, h} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 146.$$

Man ſetzt den Temperaturverluſt $t_2 - t_3 = \Delta$, ſo daſs

$$t_2 = \frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004\, h} + t_1 + \frac{\Delta}{2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 147.$$

wird. Iſt h durch örtliche Verhältniſſe gegeben, ſo ſchätzt man $\mathfrak{W}$ und Δ, ſo daſs t_2 aus Gleichung 147 leicht zu finden iſt, ſetzt t_2 in Gleichung 140 ein, in welcher auſserdem nur die bekannten Gröſsen $\mathfrak{L}$, T und t vorkommen. Man ſchätzt ferner die Geſchwindigkeit v (zwiſchen 1 und 4 m), um mit Hilfe der Gleichung 142, welche in

$$q_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{v_2 \cdot 3600\, \gamma_2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 148.$$

umgeſetzt wird, den Querſchnitt des Schornſteines zu gewinnen, und prüft nunmehr mittels der Gleichung 141 und nach Umſtänden der Gleichung 145 die Richtigkeit der Schätzungen. Der Wärmeverluſt kann indeſſen eben ſo bequem, wie mittels der Gleichung 141, aber genauer nach Berechnung der Schornſtein-Abmeſſungen gewonnen werden.

Iſt h nicht durch örtliche Umſtände beſtimmt, ſo kann man t_2 annehmen; im Uebrigen ändert ſich das Verfahren nicht.

Die Gleichung 146 gewährt einen raſchen Ueberblick über die geringſte Gröſse von h, bezw. t_2, da das Glied $\dfrac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004\, h}$ den weſentlichſten Einfluſs übt.

Beiſpiel. Es ſei $\mathfrak{L} = 12\,000$ kg ſtündlich zu fördernde Luft, $p = 6$ kg Geſammtwiderſtand bis zum Fuſse des Schornſteines, $t_1 = 25$ Grad = höchſte in Rechnung zu ſtellende Temperatur des Freien, $t = 20$ Grad = Temperatur der Abluft. Ferner ſei $h = 30$ m und $T = 1200$ Grad = Temperatur des Rauches gegeben, ſo wie $\mathfrak{W}$ zu 1,2 kg und Δ zu 12 Grad geſchätzt. Alsdann iſt nach Gleichung 147

$$t_2 = \frac{6 + 1{,}2}{0{,}004 \cdot 30} + 25 + 6 = 60 + 31 = 91 \text{ Grad},$$

und hieraus $\gamma_2 = 0{,}94$.

Ferner ergiebt fich nach Gleichung 140 (S. 204)

$$\mathfrak{L} + Q = 12000 \frac{1200 - 20}{1200 - 91} = 12768 \text{ oder rund } = 12770.$$

v werde zu 3 m gefchätzt; es ift alsdann nach Gleichung 148

$$q_2 = \frac{12770}{3 \cdot 3600 \cdot 0{,}94} = 1{,}258 \text{ qm} .$$

Der Schornftein foll quadratifch mit a Meter Seite ausgeführt werden; dann ift

$$a^2 = 1{,}258 \quad \text{und} \quad a = 1{,}12 \text{ m} ,$$

wofür $a = 4^1/_2$ Stein $= 1{,}175$ m gefetzt werden foll.

Es wird fonach $\frac{u_2}{q_2} = \frac{4}{a} = 3{,}4$ und $q_2 = 1{,}38$ qm; daher

$$v_2 = \frac{12770}{1{,}38 \cdot 3600 \cdot 0{,}94} = 2{,}73 \text{ m} .$$

Der Widerftand $\mathfrak{W}$ beträgt, wenn am Fufse des Schornfteines eine rechtwinkelige, nicht abgerundete Ablenkung ftattfindet, oben aber die Luft frei abftrömt,

$$\mathfrak{W} = 0{,}94 \ (1 + 0{,}001 \cdot 30 \cdot 3{,}4 \cdot 20) \frac{2{,}73^2}{19{,}6} = 1{,}07 \text{ kg} ,$$

alfo etwas weniger als gefchätzt wurde. Wird nun die Wandftärke des Schornfteines im Mittel 51 cm, fo ift die Seite der mittleren Quadratfläche 1,685, die wärmeübertragende Fläche $= 1{,}685 \cdot 4 \cdot 30 = 202{,}2$ qm. Jedes Quadr.-Meter Backfteinmauer von 51 cm Dicke überträgt für 1 Grad Temperatur-Unterfchied (fiehe Art. 125, S. 123) 1,1 Wärmeeinheiten; folglich beträgt der gefammte Wärmeverluft

$$202{,}2 \cdot 1{,}1 \ (91 - 25) = 16870 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

welcher die Abkühlung des Schornfteininhaltes um

$$\Delta = \frac{16870}{12770 \cdot 0{,}24} = 5{,}5 \text{ Grad}$$

veranlafft, alfo wefentlich weniger, als oben fchätzungsweife angenommen wurde.

Nach den weiter unten folgenden Angaben liefert 1 kg Kohle bei doppelter Luft-Zufuhr 22,3 kg Rauchgafe; der Betrieb des Schornfteines erfordert fonach, da ftündlich $Q = 770$ kg Rauch gebraucht werden, $\frac{770}{22{,}3} = 34$ kg Kohlen.

Die Berechnung eines Saugfchornfteines, bei welchem der Abluft keine Rauchgafe beigemifcht werden (niedriger Ofen mit befonderem Schornftein, Dampf- oder Wafferheizung), wird eben fo durchgeführt, geftaltet fich aber in fo fern einfacher, als dem Gewicht der zu fördernden Luft das zunächft unbekannte Q nicht hinzuzufügen ift.

223. Lockfchornftein mit ganzer Rauchröhre.

Verwandt hiermit ift die Berechnung des Saugfchornfteines mit ganzer Rauchröhre (Fig. 127). Um die Art derfelben darzulegen, möge fie für die Unterlagen des vorigen Beifpieles ($\mathfrak{L} = 12000$ kg, $p = 6$, $h = 30$ m, $t_1 = 25$ Grad, $t = 20$ Grad, $T_1 = 1200$ Grad = Anfangs-Temperatur des Rauches, $T_2 = 200$ Grad = Austritts-Temperatur des Rauches) durchgeführt werden.

Die Abluft wird durch die von der Rauchröhre abgegebene Wärme von t auf t_3 Grad erwärmt; es ift fomit der Auftrieb nach Art. 188 (S. 171)

$$\mathfrak{A} = 0{,}004 \ h \left(\frac{t + t_3}{2} - t_1 \right) ,$$

welcher Werth $p + \mathfrak{W}$ gleich zu fetzen ift, fo dafs

$$\frac{t + t_3}{2} = \frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004 \ h} + t_1 ,$$

$$t_3 = 2 \frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004 \ h} + 2 t_1 - t$$

wird. $\mathfrak{W}$ fei zu 1 kg gefchätzt; der Wärmeverluft der Abluft fei vernachläffigt.

Dann wird

$$t_3 = 2 \frac{6+1}{0{,}004 \cdot 30} + 2 \cdot 25 - 20 = 147 \text{ Grad},$$

woraus $\frac{\gamma + \gamma_3}{2} = 0{,}97$ entfteht.

Zur Beftimmung der erforderlichen Rauchmenge dient die Gleichung

$$\mathfrak{L}\, c\, (t_3 - t) = Q\, c\, (T_1 - T_2)$$

oder

$$Q = \frac{12000 \cdot 127}{1000} = 1524 \text{ kg}.$$

Die erforderliche Heizfläche F der Rauchröhre berechnet fich aus

$$\mathfrak{L}\, c\, (t_3 - t) = F \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t + t_3}{2} \right) k,$$

oder

$$F = \frac{1}{k} \frac{2 \cdot \mathfrak{L} \cdot c\, (t_3 - t)}{T_1 + T_2 - t - t_3},$$

in welcher Gleichung $k = 8$ (fiehe Art. 125, S. 124) eingefetzt werden foll.

Es wird dann

$$F = \frac{1}{8} \cdot \frac{2 \cdot 12000 \cdot 0{,}24\, (147 - 20)}{1200 + 200 - 147 - 20} = \text{rund } 74 \text{ qm}.$$

Der eiferne Rauchfchornftein möge einen runden Querfchnitt mit dem Durchmeffer d erhalten, fo dafs

$$F = d\, \pi\, h \quad \text{oder} \quad d = \frac{74}{30 \cdot 3{,}14} = 0{,}785 \text{ m wird.}$$

So weit darf man, mit Rückficht auf die geringe Rauchmenge, den Rauchfchornftein nicht machen, wefshalb derfelbe, um die nöthige Heizfläche bei geringerer Weite zu erhalten (nach Fig. 128, obere Hälfte), mit Rippen ausgerüftet werden foll. Es betrage der Durchmeffer $0{,}40$ m, die Höhe der 30 Rippen $0{,}05$ m; die Fläche der letzteren leiftet etwa $0{,}4$-mal fo viel, als die Mantelfläche. Sonach ift die derart gerippte Rauchröhrenfläche gleichwerthig mit $(0{,}4 \cdot 3{,}14 + 0{,}05 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 0{,}4)\, 30 = 73{,}68$ qm Mantelfläche, genügt alfo der vorliegenden Aufgabe.

Der Luftquerfchnitt ift, wenn $v = 2{,}5$ m angenommen wird,

$$q = \frac{12000}{2{,}5 \cdot 3600 \cdot 0{,}97} = 1{,}368 \text{ qm}.$$

Hierzu kommt der Querfchnitt der Rauchröhre mit $0{,}19$ qm. Die Seitenlänge a des quadratifchen Schornfteines beträgt fonach

$$a = \sqrt{1{,}368 + 0{,}19} = 1{,}25 \text{ m},$$

wofür 5 Stein $= 1{,}31$ m gefetzt werden follen, fo dafs

$$v = \frac{12000}{3600\, (1{,}31^2 - 0{,}19) \cdot 0{,}97} = 2{,}24 \text{ m wird.}$$

Das Verhältnifs $\frac{u}{q}$ wird $= 6{,}3$, alfo

$$\mathfrak{W} = 0{,}97\, [1 + 0{,}001 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 6{,}3]\, \frac{2{,}24^2}{19{,}6} = 1{,}18 \text{ kg};$$

es ift fomit $\mathfrak{W}$ gröfser, als gefchätzt wurde, wefshalb man entweder den Schornftein noch weiter macht, um v zu verringern, oder die rechtwinkelige Ablenkung am

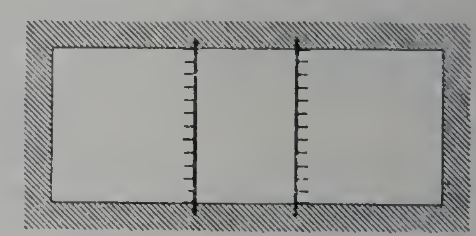
Fuſse des Schornſteines gut abrundet, um ſtatt $\gamma \,.\, 1 \,.\, \frac{v^2}{2g}$ vielleicht $\gamma \,.\, 0{,}4\; \frac{v^2}{2g}$ einſetzen zu können.

Die erforderliche Rauchmenge $Q = 1524^{kg}$ liefern $1524 : 22{,}3$ = rund 70^{kg} Kohlen.

In dem ſoeben durchgeführten Beiſpiele wurde, aus angegebenen Gründen, die Rauchröhre nach der oberen Hälfte der Fig. 128 gerippt angenommen, auch, entſprechend dieſer Figur, der Querſchnitt des Saugſchornſteines quadratiſch gemacht. Es bedarf kaum des Hinweiſes, daſs der letztere eben ſowohl vieleckig oder kreisförmig gemacht werden kann; die Berechnungsweiſe ändert ſich hierdurch nicht. Nicht ſelten empfiehlt es ſich, wenn der Querſchnitt des Saugſchornſteines ein längeres Rechteck bildet, den Rauchſchornſtein durch Einſetzen eiſerner Platten, nach Fig. 129, zu bilden, wodurch der Lüftungsſchornſtein in zwei Theile zerlegt wird. Die Platten werden ſodann, je nach Umſtänden, mit Rippen verſehen oder glatt gelaſſen.

Fig. 128.

Fig. 129.



224. Lockſchornſtein mit kurzer Rauchröhre.

Was nun endlich den Lockſchornſtein mit kurzer Rauchröhre (Fig. 126) betrifft, ſo kann ich mich hier mit allgemeinen Anführungen begnügen. Man berechnet den oberen Theil h_3 zunächſt nach den zum erſten Schornſtein (Fig. 125) gegebenen Regeln, indem man einen Theil des p ſchätzungsweiſe der Höhe h_2 zu bewältigen überläſſt. Hierdurch gewinnt man einen Anhalt für die erforderliche Rauchmenge, ſo wie die Temperaturen des Rauches. Nunmehr berechnet man den Theil h_2 und vergleicht, ob die gemachten Annahmen zuläſſig waren oder nicht, und wiederholt nach Umſtänden das Verfahren ſo oft, bis befriedigende Uebereinſtimmung erzielt wird. Zu vergeſſen iſt nicht, daſs häufig die zur Verbrennung dienende Luft der Luftmenge $\mathfrak{L}$ entnommen wird (vergl. Fig. 116 u. 117), ſo daſs ſich $\mathfrak{L}$ um Einiges verringert.

Wenn Rauch, welcher bereits zu anderen Zwecken verwendet wurde, beſtimmt iſt, einen Theil ſeiner Wärme zur Erwärmung der abzuſaugenden Luft herzugeben, ſo kennt man ſowohl die Rauchmenge, als auch die Rauch-Temperatur und hat hiernach zu berechnen, was mit der verfügbaren Wärmemenge zu erreichen iſt.

225. Vergleich der drei Anordnungen.

Der Betrieb der Lockſchornſteine mit Rauchröhre iſt, wie durch ein Beiſpiel erörtert wurde, bei weitem koſtſpieliger, als der Betrieb ſolcher, in denen die Erwärmung der Luft ſofort bei ihrem Eintritte in den Schornſtein nahezu an einem Punkte erfolgt. Die Betriebskoſten des Lockſchornſteines mit kurzer Rauchröhre fallen zwiſchen diejenigen der beiden vorher genannten Schornſteinarten.

Eigenthümlicher Weiſe finden trotzdem Lockſchornſteine mit ganzer Rauchröhre ſehr häufig Verwendung. Wenn man für dieſelben geltend macht, daſs ſie gegen das Zurücktreten des Rauches in die zu lüftenden Räume Sicherheit bieten, ſo iſt dem gegenüber zu bemerken, daſs man in faſt allen Fällen durch zweckmäſsige Anlage des Schornſteines und der Canalmündungen in demſelben, ſo wie durch Verwendung eines Aufſatzes, welcher die Einflüſſe der Windſtrömungen unſchädlich macht, dieſelbe Sicherheit gewinnen kann. Sollten aber in beſonderen Fällen Bedenken übrig

bleiben, fo bleibt unter allen Umftänden die Möglichkeit, die gefammte Heizfläche am Fufse des Schornfteines zufammen zu drängen, indem man durch die Rauchgafe unmittelbar erwärmte Oefen aufftellt, denen dann ein gefonderter gemauerter Schornftein gegeben wird, oder mittels Waffer oder Dampf erwärmte Heizkörper verwendet. Die erforderlichen Brennftoffmengen werden hierdurch erheblich vermindert. Die Berechnung derartiger Anlagen findet nach dem Verfahren ftatt, welches für an einem Punkte erwärmte Schornfteine befprochen wurde; die Höhenlage diefes Punktes, der zwifchen dem oberen und unteren Ende des oder der Heizkörper liegt, ift nach Art. 188 (S. 171) zu beftimmen, bezw. zu fchätzen.

226. Höhe der Schornfteine.

Aus den gegebenen Formeln, fo wie aus den berechneten Beifpielen geht ferner hervor, dafs die Höhe h des Schornfteines eine hervorragende Rolle fpielt. Will man mit niedrigen Lockfchornfteinen eine nennenswerthe Wirkung hervorbringen, fo mufs die Temperatur der abgeführten Luft eine grofse werden, d. h. es wird fehr viel Brennftoff gebraucht. Daher ift es allein zweckmäfsig — da die Höhenlage der Schornfteinmündung gegenüber den übrigen Bauwerken ein gewiffes, von baulichen Rückfichten abhängendes Mafs nicht überfchreiten darf — die Luft-Abführungs-Canäle möglichft tief im Lockfchornftein münden zu laffen, fo wie an diefem tief liegenden Orte die Erwärmungs-Einrichtung anzubringen.

227. Betriebskoften.

In Bezug auf die Berechnung der Mafse der Flügelgebläfe verweife ich auf das in Art. 200 (S. 183) Gefagte.

Die Betriebskoften der ftündlichen Förderung jener 12 000 kg Luft betragen täglich oder in 24 Stunden:

1) Bei Verwendung eines mittels Gasmafchine betriebenen Flügelgebläfes, da die erforderliche Kraft nach Gleichung 116 mindeftens

$$N = \frac{12000\,p}{100000} = \text{rund } 1 \text{ Pferdeftärke beträgt:}$$

für Brennftoff	6,12 Mark
» Schmieröl und Kühlwaffer	2,00 »
» Bedienung	2,20 »
» Abfchreibung und Zinfen	1,68 »
Zufammen	12,00 Mark.

2) Bei Verwendung des Lockfchornfteines nach Fig. 125, wenn 100 kg Kohle 1,7 Mark koften:

für Brennftoff	13,87 Mark
» Bedienung	2,50 »
» Abfchreibung und Zinfen	2,28 »
Zufammen	18,60 Mark.

3) Bei Verwendung des Lockfchornfteines nach Fig. 127:

für Brennftoff	28,56 Mark
» Bedienung	2,50 »
» Abfchreibung und Zinfen	2,24 »
Zufammen	33,30 Mark.

Die Verwendung des Leuchtgafes als Brennftoff würde noch theuerer fein.

Um jedoch hiernach die Preiswürdigkeit der vier angezogenen Luftbewegungsverfahren richtig zu beurtheilen, find folgende Umftände mit zu berückfichtigen.

Je geringer die zu fördernden Luftmengen find, um fo günftiger ftellen fich die Lockfchornfteine im Allgemeinen gegenüber den Gebläfen. Eben fo nimmt der Koftenunterfchied der mit Gas geheizten Lockfchornfteine gegenüber den mit feften Brennftoffen geheizten zu Gunften der erfteren mit der Menge der zu fördernden Luftmenge ab, und zwar derart, dafs bei einer gewiffen Kleinheit der Anlage die

Gasheizung billiger ift, als irgend ein anderer Betrieb. Die Gründe hierfür liegen darin, dafs der Kraftbedarf, wie die fonftigen Betriebskoften eines Gebläfes viel langfamer abnehmen, als die Luftmenge, und eben fo die Bedienungskoften der mit feften Brennftoffen geheizten Lockfchornfteine mit der Kleinheit an Bedeutung gewinnen.

Die Bedienung einer Gasmafchine erfordert einen fachverftändigen Mann; diejenige der Lockfchornfteine kann von gewöhnlichen Arbeitern, bezw. Mägden ausgeführt werden, und bei Gasheizung befchränkt fich die Bedienung auf die Regelung des Gas-Zufluffes. Dies entfcheidet nicht felten gegen das Gebläfe.

Endlich liegt bei letzterem die Gefahr des Verfagens näher, während die Lockfchornfteine, Angefichts ihrer Einfachheit, faft unbedingte Sicherheit für die jederzeitige Dienfttüchtigkeit bieten.

Bei ganz grofsen Anlagen empfiehlt fich in vielen Fällen der Dampfmafchinenbetrieb.

b) Lage und Längenprofil.

228.
Schutz gegen Wärmeverlufte.

Wiederholt wurde darauf hingewiefen, dafs die Canäle möglichft gegen Wärmeverlufte zu fchützen feien. Dies hat allgemeine Giltigkeit für warme Luft und Rauch. Man wird daher die betreffenden Canäle trocken halten, da die anderenfalls eintretende Wafferverdunftung grofse Wärmemengen binden würde, und wird fie möglichft aus fchlechten Wärmeleitern und mit dicken Wänden ausftatten. Eben fo wichtig ift, die Canäle thunlichft gefchützt gegen die Einflüffe der Temperatur des Freien, gegen Netzung ihrer Aufsenflächen und gegen das Beftreichen derfelben Seitens des Windes zu fchützen, d. h. die Canäle im Inneren der Häufer unterzubringen.

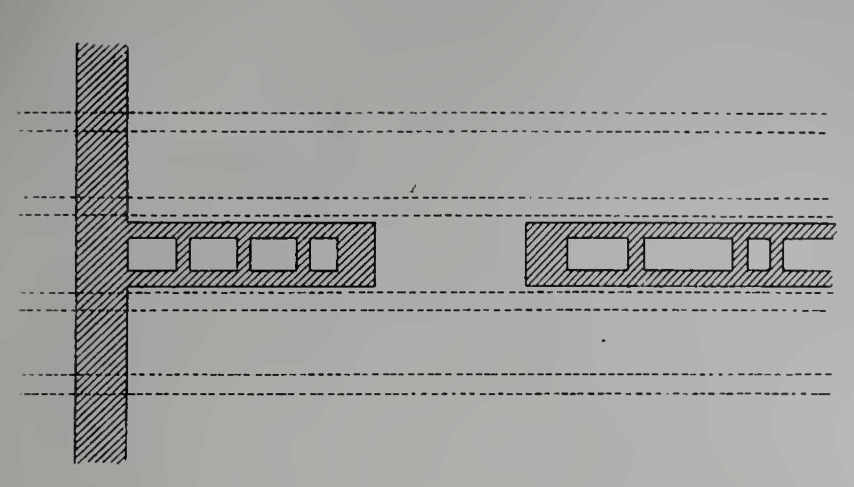
Hohe Schornfteine laffen fich jedoch, weil fie fich anders fetzen und anders ausdehnen, als die Mauern, nur dann in das Innere der Häufer legen, wenn man fie durch die Gebäudemauern fchachtförmig einfchliefsen läfft, fo dafs, fo weit als möglich, keine Verbindungen zwifchen den höher liegenden Theilen des Gebäudes und dem Schornfteingemäuer beftehen. In der Regel ftellt man daher grofse und hohe Schornfteine frei auf.

Während der Wintermonate ift es ebenfalls von Vortheil, die Canäle, welche die gebrauchte Luft aus den zu lüftenden Räumen führen, fo fern diefe Luftförderung nach oben gerichtet ift, in die Innenwände der Häufer zu legen. Im Sommer find jedoch die in einer freien, von der Sonne befchienenen Aufsenwand liegenden Canäle wirkfamer. Wird die hinwegzufchaffende Luft nach unten abgeführt, fo ift das Gegentheil des oben Gefagten der Fall. Die auffteigenden Abzugs-Canäle, welche befonders erwärmt werden (zum Zweck der Erzeugung entfprechenden Auftriebes), verhalten fich gerade fo, wie die Schornfteine.

Canäle für Zuführung kalter frifcher Luft bedürfen keiner Rückfichtnahme auf den Wärmeaustaufch ihrer Wände, es fei denn, dafs man in die Lage kommt, fie vor den Einwirkungen der Sommerfonne zu fchützen. Eine Rückfichtnahme gegen die Räume, welche an die Wandungen diefer Luft-Zuführungs-Canäle grenzen, ift jedoch nothwendig, indem innerhalb der kalten Canäle unter Umftänden nahezu diefelbe Temperatur herrfcht, wie im Freien.

Die Canäle find nach dem Gefagten regelmäfsig in die Innenwände zu legen; nur in befonderen Fällen empfehlen fich hierfür die Aufsenwände des Gebäudes.





229.
Lage der Canäle.

Die lothrechten Canäle laſſen ſich verhältniſsmäſsig leicht in den Wänden unterbringen. Genügt die Dicke der gegebenen Wände nicht, um in ihnen die Canäle auszuſparen, ſo werden einzelne derſelben dicker gemacht oder auch wohl niſchenartige Ausfüllungen der Zimmerecken hierfür verwendet. Manche Bauordnungen ſchreiben vor, daſs die lothrechten Canäle eben ſo weit von hölzernen Balken entfernt liegen müſſen, wie Rauchſchornſteine. In dieſem Falle iſt die Balkenanordnung beſonders nach der Lage der in Rede ſtehenden Canäle zu treffen: man legt die Balken, um das Auswechſeln derſelben zu ſparen, nach Fig. 130 gleichlaufend zu den Wänden, in welchen die Canäle ſich befinden, bezw. wählt zur Unterbringung der letzteren ſolche Wände, welche zwiſchen den Balken ſich befinden und verſtärkt ſie nach Umſtänden entſprechend. In einigen Fällen laſſen ſich gröſsere Canalquerſchnitte, bezw. Räume für Canalbündel ohne Schädigung des Ausſehens der Zimmer nach Art der Fig. 131 ſchaffen.

Fig. 131.

Weniger leicht iſt die Unterbringung wagrechter, bezw. geneigter Canäle. Dieſe müſſen in, bezw. unter den Decken Platz finden. Die ſog. Zwickel der Deckengewölbe geben, wie Fig. 132 andeutet, hierzu oft willkommene Gelegenheit; der Canal iſt, um ihm einen möglichſt groſsen Querſchnitt zu geben, mittels Steinplatten abgedeckt, über welchen nach Umſtänden der Flieſenbelag oder der Holzfuſsboden mit ſeinen Lagern ſich befindet. Die Decken-Vouten ſind, wenn ſie z. B. aus Thonſtücken zuſammengeſetzt werden, wie Fig. 133 erkennen läſſt, in derſelben Weiſe zu verwenden. Gröſsere wagrechte Luft-Canäle bildet man häufig, indem man über den Gängen — die des beſſeren Anſehens halber niedriger gehalten werden können, als die anſtoſsenden Räume — doppelte Decken anbringt, die entweder gewölbt ſein können, wie Fig. 134 angiebt, oder aus mit Steinplatten belegten eiſernen Trägern gebildet ſind, oder auch aus zwei gewöhnlichen geputzten Holzdecken beſtehen können. Ich ſah ein Gebäude, in dem man den ſo gebildeten Raum nicht allein für die wagrechten Luftleitungen, ſondern auch für die Aufſtellung der Heizkörper u. ſ. w. verwendet hat.

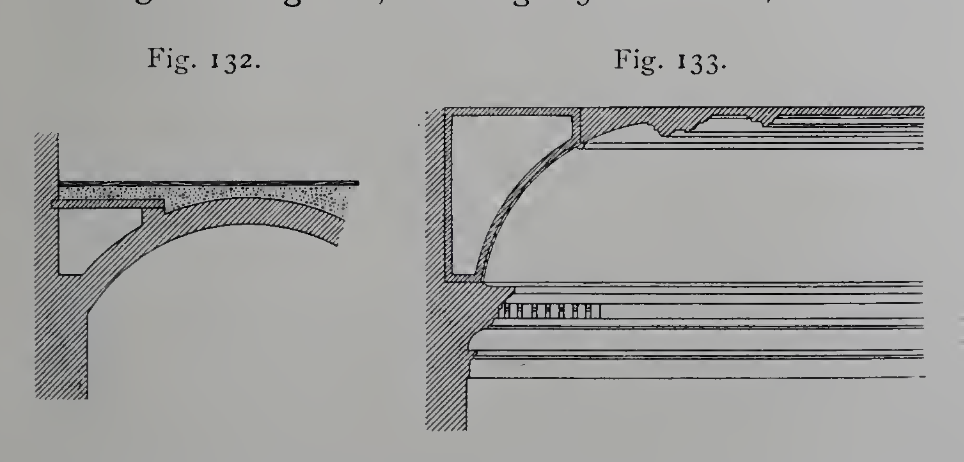


Fig. 132. Fig. 133.

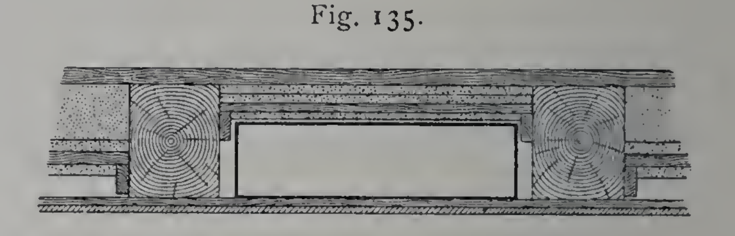
Kleinere Canäle finden zwiſchen den Balken einerſeits und Fuſsboden und Schalung andererſeits Platz. Es iſt gut — ſo fern die Canäle kalte Luft zu leiten haben, ſogar nothwendig — dieſelben aus verlöthetem Blech herzuſtellen, um das

Ausſtrömen der Luft an unerwünſchter Stelle zu hindern. Kaltluft-Canäle ſollten auch niemals unmittelbar unter dem Fuſsboden liegen, ſondern von dieſem durch eine, wenn auch dünne Sand- und Strohlehmſchicht getrennt ſein, wie Fig. 135 erkennen läſst. (Vergl. auch Art. 221, S. 203 und die beigefügten Fig. 123 u. 124.)

Fig. 134.

Die erwähnten Orte ſind häufig nur ſchwer zugänglich zu machen, befahrbar ſogar in ſeltenen Fällen. Man ſucht daher die Canäle unter dem Kellerfuſsboden anzubringen, woſelbſt — bei genügend tiefem Grundwaſſerſtande — der Raum für gröſsere lichte Canalhöhen nicht mangelt. Die wagrechten Canäle für die Abführung der Luft aus den Räumen laſſen ſich hier immer unterbringen. Dienen ſie dazu, die Luft behuf neuer Erwärmung den Heizkammern zuzuführen, ſo iſt ſelbſtverſtändlich, daſs ſie am Boden der Heizkammer münden müſſen, alſo eine tiefe Lage derſelben nicht ſtört. Sollen ſie die Luft einem Lockſchornſtein zuleiten, ſo iſt ihre tiefe Lage ebenfalls erwünſcht. Die Canäle für friſche Luft können eben ſo unbedenklich in dieſer tiefen Lage angebracht werden; nur die Canäle für warme Luft müſſen aus weiter unten zu erörternden Gründen in höheren Lagen Platz finden.

Fig. 135.



Alle Canäle, die zur Führung derjenigen Luft dienen, welche in die Zimmer gelangen ſoll, alſo diejenigen ſowohl, welche friſche Luft zuführen, als auch diejenigen, welche die Luft der Zimmer zu wiederholter Erwärmung in die Heizkammern geleiten, ſind in Rückſicht auf Reinhaltung anzulegen. In denſelben lagert ſich Staub thieriſchen, pflanzlichen und mineraliſchen Urſprunges ab; derſelbe wird von der bewegten Luft wiederholt aufgewirbelt und in die Zimmer geführt; erſterer zerſetzt ſich und erzeugt üble Gerüche. Durch Zufall gelangt auch Ungeziefer in die Canäle; die faulenden Leichen deſſelben verpeſten die Luft. Es können die Canäle ſogar Brutherde gefährlicher Bacterien werden.

Man muſs daher die Canäle, ſo weit ſie mehr oder weniger wagrecht liegen, befahrbar oder doch ſo zugänglich machen, daſs man ſie von Zeit zu Zeit zu reinigen vermag, und die unvermeidlich engen Canäle lothrecht oder ſo anlegen, daſs man dieſelben durchblicken und nach Umſtänden mit einer Bürſte ſäubern kann.

In Bezug auf Feuerſicherheit der Schornſteine beſtehen in verſchiedenen Ländern verſchiedene baupolizeiliche Vorſchriften, weſshalb an dieſem Orte nicht auf dieſelben einzugehen iſt. Verſtändig angelegte Luft-Canäle werden niemals bis zur Entzündungs-Temperatur des Holzes erwärmt; jedoch haben die Luft-Canäle für die Feuerſicherheit eines Gebäudes die groſse Bedeutung, daſs ſie zur Fortleitung eines Brandes, unter Umſtänden ſogar zur Anfachung deſſelben dienen können, indem ſie zu Schornſteinen werden.

230.
Längenprofil der Canäle.

Was das Längenprofil eines Luft-Canals betrifft, ſo kann daſſelbe gleichſam beliebig gewählt werden, wenn die Luft mittels einer äuſseren, drückend oder ſaugend wirkenden Kraft (Flügelbläſer, Strahlbläſer, Lockſchornſtein) bewegt wird. Soll dagegen der eigene Auftrieb die Luft bewegen, ſo ſind beſtimmte Rückſichtnahmen beim Entwerfen des Längenprofiles erforderlich. Im Beharrungszuſtande

werden die beiden Canäle $A B$ und $A_1 B_1$ (Fig. 136), welche die Luft auf dieſelbe Höhe h und Länge l von A, bezw. A_1 nach B, bezw. B_1 mittels des Auftriebes derſelben fördern ſollen, ſich genau gleich verhalten. Nicht ſo bei der Inbetriebſetzung.

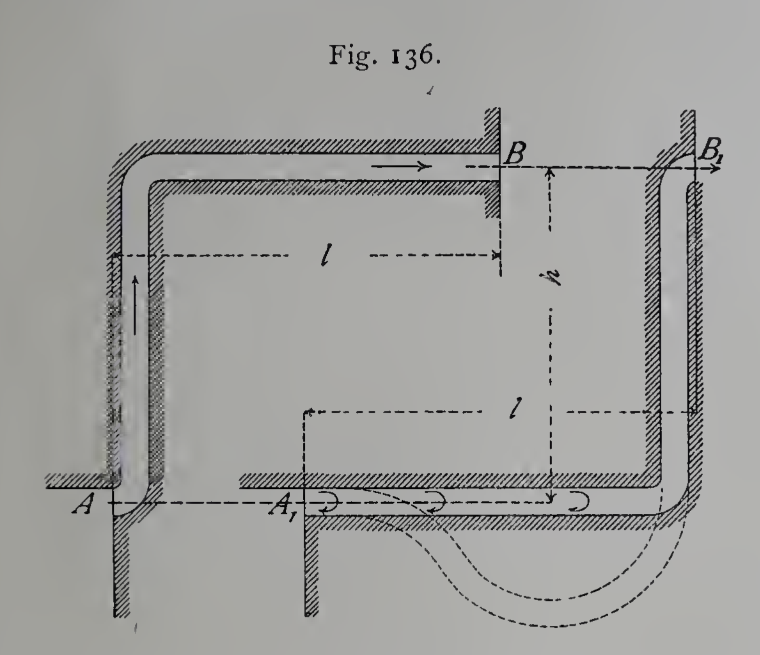


Fig. 136.

Die Wärme der bei A einmündenden Luft wird zunächſt zur Erwärmung des ſteigenden Theiles des Canales $A B$ verwendet, ſo daſs der gewünſchte Auftrieb ſehr bald vorhanden iſt; die bei A_1 eintretende Luft muſs dagegen zunächſt den liegenden Theil des Canales $A_1 B_1$ erwärmen, bevor die Bildung des Auftriebes im lothrechten Theile erfolgen kann. Im Canal $A B$ tritt ein geringer Auftrieb ſehr bald ein; derſelbe erzeugt eine entſprechende Luftbewegung in ſteigender Richtung und führt neue Mengen warmer Luft herbei, welche die Wände mehr und mehr erwärmen. Im Canal $A_1 B_1$ dagegen muſs die zur Erwärmung des liegenden Theiles erforderliche warme Luft entweder durch einen vor A_1 ſchon vorhandenen Auftrieb (z. B. der Heizkammer) oder durch Nebenſtrömungen herangeführt werden. Die warme Luft tritt an die Decke des liegenden Theiles, kühlt ſich, dieſe erwärmend, ab und ſinkt zu Boden, um nach A_1 zurückzuflieſsen. So ſetzen ſich die Nebenſtrömungen allmählig fort, bis die Erwärmung am Fuſse des ſteigenden Canaltheiles angelangt iſt. Hierzu iſt oft eine ſehr lange Zeit erforderlich; ich ſelbſt beobachtete eine Heizungs-Anlage, bei welcher der Vorgang faſt eine Woche währte. Treten noch die früher genannten Einflüſſe des Temperaturwechſels hinzu, oder münden beide Canäle in einer und derſelben Heizkammer, ſo iſt es möglich, daſs die Inbetriebſetzung des Canales $A_1 B_1$ überhaupt nicht gelingt. Noch ärger verhält ſich die punktirte Canalanlage $A_1 B_1$, indem bei dieſer natürlich von einem Fortſchreiten der die Länge l erwärmenden Nebenſtrömungen nicht die Rede ſein kann.

Man wird daher, um Luft mittels ihres eigenen Auftriebes von einem Punkte zum anderen zu führen, den Canal zunächſt ſteigen zu laſſen ſuchen und erſt alsdann in wagrechter Richtung weiter gehen laſſen; iſt eine ſolche Anordnung aus örtlichen Gründen unmöglich, ſo ſoll wenigſtens das Längenprofil bis zum ſteigenden Theile nicht der punktirten Form $A_1 B_1$ (Fig. 136) ähnlich ſein, ſondern auch hier eine ſtetige, wenn auch geringe Steigung ſtattfinden.

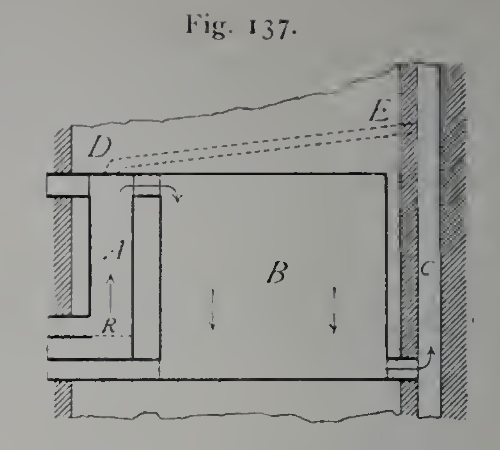
Der Auftrieb, welcher in der Heizkammer ſelbſt erzeugt wird, wirkt in gleicher Richtung; hier iſt die Bewegungsrichtung der erwärmten Luft ebenfalls zunächſt eine lothrecht aufſteigende, weſshalb ſie die nöthige Anregung zur Luftbewegung ſofort nach der Lufterwärmung zu geben vermag.

231. Rauch-Canäle mit Wärmeabgabe.

Die Rauch-Canäle, in denen die Wärme des Rauches abgegeben werden ſoll, verhalten ſich ähnlich. Fig. 137 ſtelle einen ſolchen Rauch-Canal ſchematiſch dar. Bei R finde die Wärmeentwickelung ſtatt; der Rauch ſtrömt im Schacht A lothrecht nach oben und verliert in demſelben, weil A verhältniſsmäſsig kleine Oberflächen beſitzt, wenig Wärme; er ſinkt in B nieder, weil hier eine der groſsen Oberfläche von B entſprechende ſtarke Abkühlung erfolgt, und entweicht

fchliefslich in den Schornftein C. Der Inhalt von B ift hier immer kälter, als der Inhalt von A; fonach ift ein Auftrieb zwifchen A und B vorhanden, welcher die Bewegung einleitet, namentlich auch Rauch in den Schornftein C, behuf deffen allmähliger Anwärmung, führt. Hierbei kann jedoch — wenn die Temperatur in C gleich ift der des Freien — in B ein Ueberdruck der Umgebung von B gegenüber auftreten, in Folge deffen der Rauch nicht allein in den Schornftein C, fondern auch durch alle etwaigen Undichtheiten des Ofenkaftens B entweicht und die denfelben umgebende Luft verunreinigt. Sobald der Schornftein C erwärmt ift, hört diefes »Rauchen« des Ofens auf. Um den genannten Uebelftand zu vermeiden, bringt man oft am Fufse des Schornfteines C ein befonderes Lockfeuer an, welches zur vorherigen Anwärmung deffelben benutzt wird, oder fchaltet zwifchen den Kopf des Schachtes A und den Schornftein eine Röhre DE ein, welche zunächft von dem wenig abgekühlten Rauche des Schachtes A einen Theil fo in den Schornftein führt, dafs derfelbe möglichft rafch erwärmt wird. Nachdem diefes gefchehen, fperrt man den Rauchweg DE, um fämmtlichen Rauch in die vorhin genannte Bahn zu zwingen. Die Röhre DE hat jedoch, wegen der hohen, in ihr auftretenden Temperaturen, nur geringe Dauer.

Fig. 137.



c) Conftruction.

232.
Canäle aus Eifen- und Zinkröhren.

Canäle und Luft-, bezw. Rauchröhren werden, wenn von den Rauchröhren der Zimmeröfen abgefehen wird, felten aus Eifenblech hergeftellt. Die Verwendung des Zinkbleches befchränkt fich auf die Fälle, in denen man Canäle in das Gebälke legt. Gufseifen wird namentlich zu den Rauchröhren der Lockfchornfteine gebraucht. Einige Techniker ftützen die einzelnen Theile diefer Rauchröhren unmittelbar auf einander; die Folge hiervon ift, dafs die Rauchröhre gegenüber dem umgebenden Mauerwerk erhebliche Dehnungen erleidet, die nicht allein das feitliche Stützen, fondern auch die Herftellung des oberen Abfchluffes, der meiftens mit dem Abfchlufs des gemauerten Schornfteines im Einklange ftehen mufs, erfchwert. Bei Lockfchornfteinen, deren Querfchnitt der Fig. 116 (S. 200) entfpricht, ift ein unmittelbares Aufeinanderfetzen der einzelnen Gufseifentheile überhaupt unmöglich. Zweckmäfsig ift die Verbindung der wagrechten Fugen der in Rede ftehenden Eifentheile nach Fig. 138. Der obere Rand jeder Platte oder jedes Ringes A trägt eine Rille B, in welche der untere Rand C des nächftfolgenden Stückes eintaucht. Der Spielraum zwifchen den Innenflächen der Rille und dem Rande C wird mit Sand ausgefüllt und jedes Eifenftück für fich aufgehängt, fo dafs fowohl eine genügende Dichtung der Fuge erzielt, als auch — da die untere Fläche von C nicht auf den Boden der Rille B ftöfst — jedem Ringftück oder jeder Platte Raum für die eigene Ausdehnung gegeben wird. Die Rille B kann fowohl mitten auf der Wand A ftehen, als auch feitwärts von derfelben angebracht werden; in letzterem Falle mufs felbftverftändlich der untere Theil von C verkröpft fein.

Fig. 138.

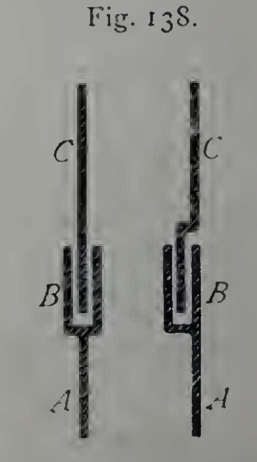


Fig. 139 ftellt die Einzelheiten des Querfchnittes in Fig. 129 (S. 208) in zwei lothrechten und einem wagrechten Schnitt dar. Die hier gerippten Eifenplatten

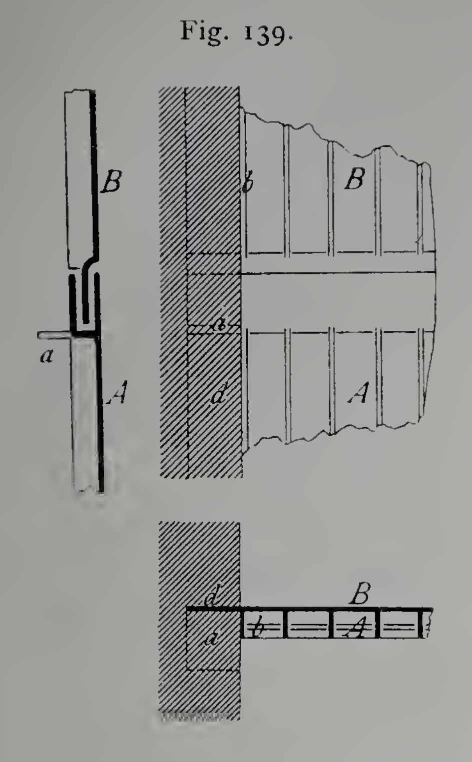


Fig. 139.

A und B greifen längs ihrer wagrechten Ränder fo in einander, wie vorhin angegeben. Behuf Aufhängung der Platte A befinden fich an diefer zu beiden Seiten des oberen Randes Lappen a, welche in den Fugen des Mauerwerkes ihre Stütze finden. Die äufseren Rippen b erhöhen den feitlichen dichten Abfchlufs der Platten, der fchon durch den in das Mauerwerk ragenden Rand d hervorgebracht ift.

233.
Canäle
aus
Thonröhren.

Thönerne Röhren, namentlich innen glafirte, finden Verwendung für in verhältnifsmäfsig dünnen Wänden unterzubringende lothrechte Canäle und wenn Leitungen unter einer Decke aufgehängt werden müffen.

Fig. 140 ift ein wagrechter Schnitt eines lothrechten Canals, wenn eine runde Röhre benutzt wird; Fig. 143 läfft erkennen, dafs Röhren von rechteckigem Querfchnitt den zur Verfügung ftehenden Raum beffer ausnutzen. Das äufsere Mafs der Röhren mufs fo gewählt werden, dafs der Wandputz über die Aufsenflächen derfelben hinweggeht. Man kann alsdann die Röhrenftücke ftumpf auf einander ftellen, indem der Wandputz die betreffende Fuge genügend dichtet. Die Röhren dürfen erft aufgeftellt werden, nachdem die Wände fich nicht mehr »fetzen«, weil anderenfalls Riffe entftehen, ja vielleicht die Röhren berften würden. Hierdurch ift die Verwendung derartiger Canäle fehr eingefchränkt.

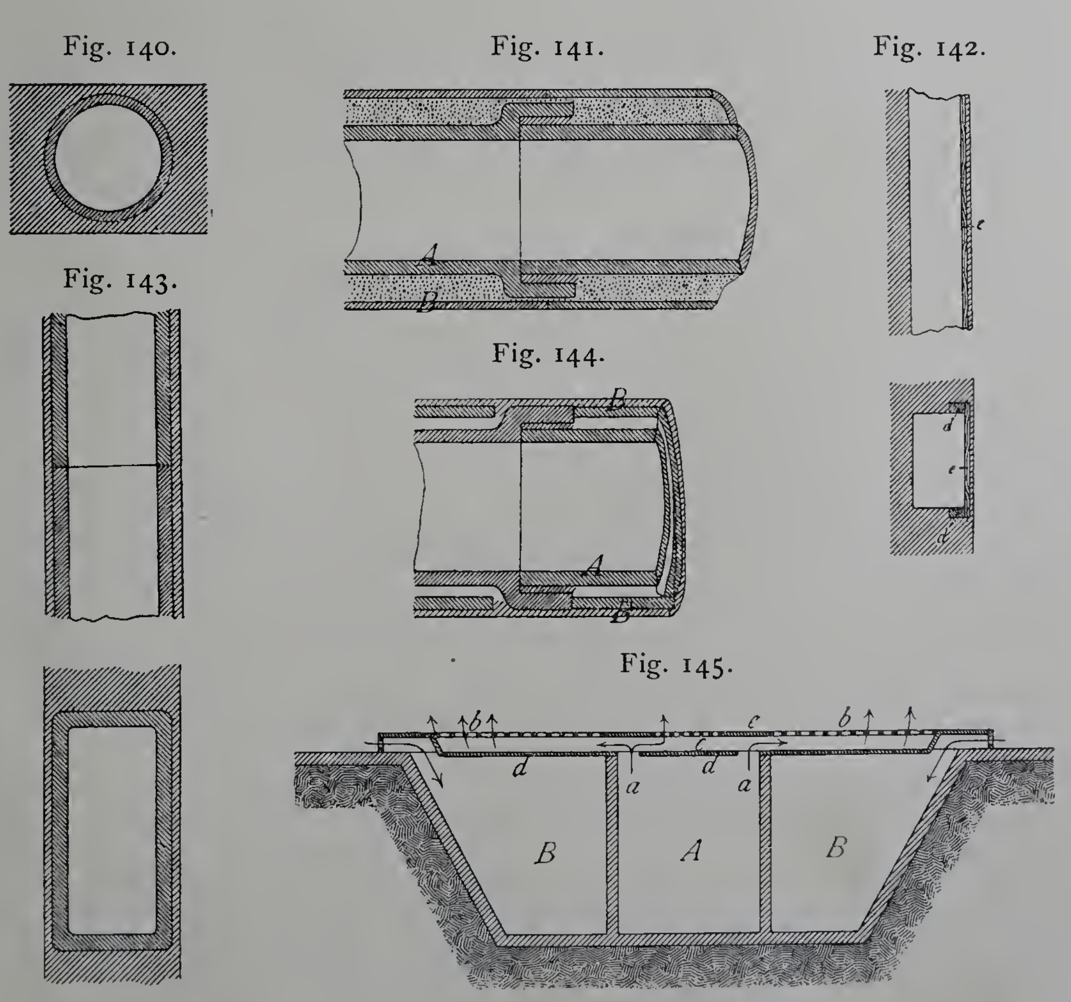


Fig. 140. Fig. 141. Fig. 142. Fig. 143. Fig. 144. Fig. 145.

Die aufzuhängenden Röhren werden mittels Muffen gedichtet. Zum Schutze gegen Wärmeverlufte fchiebt man muffenlofe Röhren B (Fig. 141) über die Leitungsröhren A und füllt den Hohlraum zwifchen beiden mit einem fchlechten Wärmeleiter, vielleicht Sand oder Infuforienerde. Behuf Erfparung an Raum und Gewinnung eines guten Ausfehens werden die Schutzröhren B (Fig. 144) auch zwifchen die Muffen der Leitungsröhren gefteckt; fodann überzieht man das Ganze mit Putz.

234. Hölzerne Canäle.

Hölzerne Canäle finden nur felten Verwendung; jedoch gebraucht man zuweilen Holz in Verbindung mit Mauerwerk.

Fig. 142 zeigt beifpielsweife die Conftruction eines lothrechten Canales im wagrechten und lothrechten Schnitt. Derfelbe ift in einer Wand ausgefpart; zwei lothrechte Hölzer *d, d* find an den Seiten des Mauerwerkes befeftigt, auf diefelben Schalbretter *e* genagelt und diefe gerohrt und geputzt, fo dafs die Wandfläche fchlicht wird.

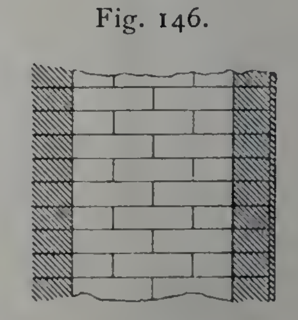
Fig. 145 ift der Querfchnitt der Luft-Canäle in der Zionskirche zu Berlin [150]). Diefelben liegen im Boden der Kirche; der mittlere Canal *A* führt die warme Luft von der unter dem Thurme liegenden Heizkammer und vertheilt fie, mit Hilfe der Schlitze *a, a* und demnächft der engen Schlitze *b, b* des Fufsbodens, in die Kirche. Seitwärts, dicht über dem hier etwas tiefer liegenden Fufsboden, wird die kältere Luft abgefaugt und gelangt mit Hilfe der Canäle *B* nach der Heizkammer zurück, um dort wiederholt erwärmt zu werden. Die Holztheile diefer Canäle beftehen aus den Querbalken *c*, unter welche die Bretter *d* genagelt find und welche andererfeits den aus fchmalen Brettchen gebildeten Fufsboden *e* tragen.

Bei fehlerhaften Anlagen, bezw. unverftändiger Benutzung folcher kann die Temperatur der Heizluft über 120 Grad (bei welcher Temperatur das Holz fich fchon bräunt) fteigen, fo dafs bei gröfserer Dauer folchen Betriebes das von der Luft berührte Holzwerk fich entzündet. Man fieht defshalb meiftens davon ab, für Heizluft-Canäle Holz zu verwenden. Ein bequemer und zweckmäfsiger Erfatz der Holzbretter bietet fich nun in den fog. *Rabitz*'fchen Platten; dies find bekanntlich von beiden Seiten mit Mörtel beworfene Drahtgitter, welche wie Bretter (unter Dichtung der Fugen mittels Mörtel) zufammengefügt werden oder denen man von vornherein die Geftalt der Canäle giebt. (Siehe auch Theil III, Bd. 2, Heft 1, Abth. III, Abfchn. 1, A, Kap. 10 diefes »Handbuches«.)

235. Gemauerte Canäle.

Die meiften Canäle werden aus Backfteinmauerwerk verfertigt. Man putzt alsdann wohl die inneren Flächen, um eine gröfsere Glätte derfelben zu gewinnen, wogegen an fich nichts einzuwenden ift. Bei engeren Canälen mufs man jedoch das Putzen während des Aufmauerns ausführen; hiernach tritt das Setzen ein, fo dafs der auf den Fugen liegende Putz zerbröckelt wird und den Canal, auch die durch diefen geleitete Luft, verunreinigt. Für engere Canäle follte defshalb ftets Rohbau angewendet werden, d. h. (vergl. Fig. 146) die Fläche des Mauerwerkes, welche dem Canal zugewendet ift, möglichft forgfältig gemauert, auch die Fugen von hervordringendem Mörtel gereinigt werden.

Fig. 146.



236. Gewöhnliche Schornfteine.

Bei Schornfteinen kommt die Verunreinigung des durch diefelben geleiteten Rauches nicht in Frage; das Putzen der Innenwandungen ift jedoch auch für diefe von zweifelhaftem Nutzen, da der Putz vorwiegend zum guten Verfchliefsen der Fugen dienen könnte, derfelbe aber gerade hier leicht zerbröckelt wird. Ein forgfältiges Ausfugen der Innenflächen des Schornfteinmauerwerkes ift defshalb auch hier dem in einer Dicke von 1 bis $1\frac{1}{2}$ cm aufzutragenden Putze vorzuziehen. Das Schornfteinmauerwerk foll auch an den Aufsenfeiten gut verputzt oder forgfältig ausgefugt werden.

Enge (ruffifche, vergl. Art. 215, S. 198) Schornfteine von quadratifchem und von rechteckigem Querfchnitt, und zwar fowohl diejenigen, welche in vollen Mauern

[150]) Siehe: Zeitfchr. f. Bauw. 1873, S. 431.

ausgefpart, als auch folche, welche in Fachwerkwände eingefchaltet[151]), bezw. vor diefelben gefetzt oder welche ganz frei ftehend errichtet werden, können mit Backfteinen der gebräuchlichen Abmeffungen, bezw. des Normal-Formats (vergl. Theil I, Band 1, erfte Hälfte, S. 68) im Verband ausgeführt werden, fobald die lichten Weiten der Querfchnitte, den Mauerftärken entfprechend, in Abftufungen von $^1/_2$ Stein, die lichten Längen der Querfchnitte in Abftufungen von $^1/_4$ Stein gewählt werden. (Vergl. die umftehenden Fig. 147 bis 150 mit Schornfteinquerfchnitten von $^1/_2$ auf $^1/_2$, $^1/_2$ auf $^3/_4$, $^1/_2$ auf 1, 1 auf 1 Stein; ferner das über »Schornfteinverbände« in Theil III, Band 1, Abth. I, Abfchn. 1, Kap. 2, unter a, 5 Gefagte.) Rechteckige Schornfteine mit anderen Lichtweiten find daher nur fchwer, kreisrunde Schornfteine (für Zimmeröfen) mit den gewöhnlichen Backfteinen gar nicht auszuführen, fobald man das häufige Zerfchlagen und Zuhauen der Steine, wodurch fchlechter Verband, unfchöne Flächen und koftfpielige Arbeit verurfacht werden, vermeiden will.

Aus diefem Grunde ift auch das in manchen Gegenden übliche Verfahren der Herftellung runder Schornfteine in der Weife, dafs ein mit Handgriff verfehener, walzenförmiger Holzkern mit Steinbrocken und Mörtel ummauert und die Putzflächen der Innenwandung durch Heraufziehen und Drehen diefes Kernes hergeftellt werden, keineswegs zu empfehlen. In Folge deffen follen enge kreisrunde Schornfteine, die in den Mauern felbft herzuftellen, bezw. auszufparen find, nur mit Röhren aus gebranntem Thon (was jedoch nur bei lothrechten Schornfteinen ftatthaft ift) ausgefüttert werden, oder fie find aus befonderen Formfteinen herzuftellen[152]).

237.
Schornfteine aus Formfteinen

Solcher Formfteine, welche im Handel auch den Namen »Kaminfteine« führen, ift fchon in Theil I, Band 1, erfte Hälfte (Art. 19, S. 76) Erwähnung gefchehen.

Bei Geftaltung derartiger Formfteine find folgende Rückfichten zu beobachten:

α) Spitzwinkelige Ausläufe der Formfteine find zu vermeiden.

β) Defshalb find die Stofsfugen winkelrecht zur inneren Schornfteinwandung oder doch nur wenig hiervon abweichend anzuordnen.

γ) Zur Herftellung eines Schornfteines foll eine möglichft geringe Zahl von Formftücken erforderlich fein.

δ) Für Schornfteine, die in vollen Mauern auszuführen find, ift darauf zu achten, dafs die Formfteine dem gewöhnlichen Mauerverbande fich regelmäfsig anfchliefsen.

ε) Eine folche Uebereinftimmung mufs auch in den Abmeffungen ftattfinden; die Wanddicke, die der Schornftein bei Verwendung folcher Formfteine erhält, foll an der fchwächften Stelle nicht weniger als 9 cm betragen.

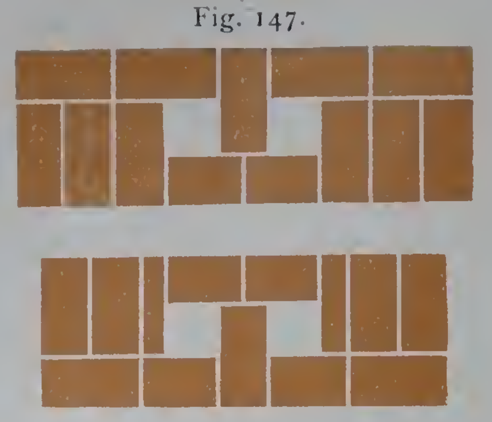
Obwohl es ausführbar, hie und da wohl auch fchon ausgeführt worden ift, die Schornfteinhöhlung in jeder Schar aus nur 2 oder 3 Steinen zufammenzufetzen, werden in der Regel je 4 Steine in jeder Schar verwendet. Die Geftalt diefer Steine ift ziemlich verfchieden gewählt worden, wie aus den in Fig. 151 bis 156 enthaltenen Beifpielen hervorgeht.

Die in Fig. 155 dargeftellten Formfteine find zweckmäfsiger geftaltet, als jene der Fig. 156, weil bei erfteren nur wenig fpitzwinkelige, daher auch nur wenig zerbrechliche Kanten in den mittleren Theil der Mauerung gelegt find, während in Fig. 156 fehr fpitze Kantenwinkel (45 Grad) vorkommen, diefe Kanten alfo auch leicht zerftört werden und überdies nach aufsen zu liegen kommen. Auch ift als Vortheil der erftgedachten Anordnung hervorzuheben, dafs diefelbe nur eine Formfteinforte erfordert, während

151) Ueber die Anordnung diefer Einfchaltung fiehe: Theil III, Band 2, Heft 1 (Abth. III, Abfchn. 1, A, Kap. 7) diefes »Handbuches«.

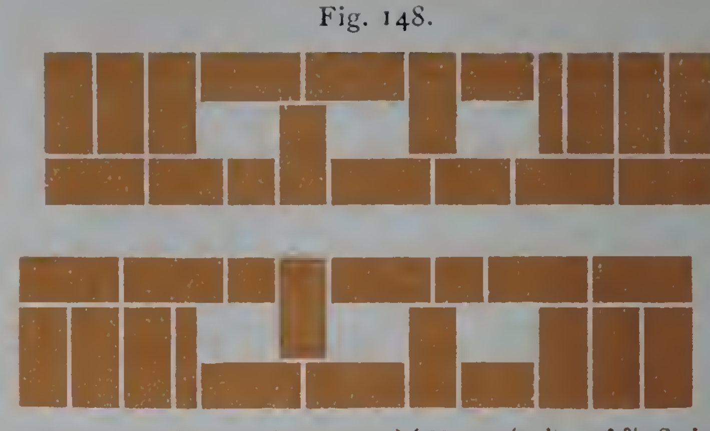
152) In Frankreich werden auch die engen Schornfteine von quadratifchem oder rechteckigem Querfchnitt (mit ausgerundeten Ecken) aus Formfteinen hergeftellt.

Fig. 147.



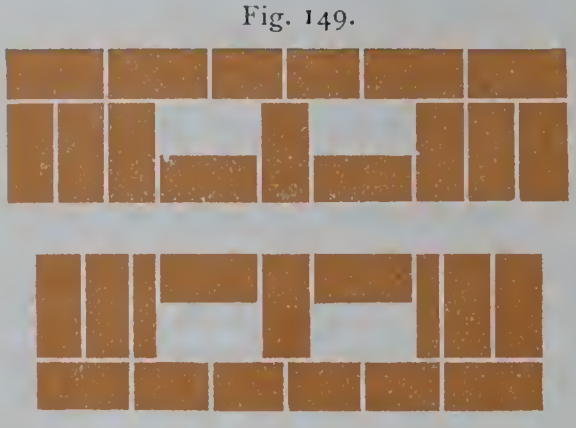
Quadratische Schornsteine von 14 × 14 cm (= 1/2 auf 1/2 Stein) Querschnitt.

Fig. 148.



Rechteckige Schornsteine von 14 × 20,5 cm (= 1/2 auf 3/4 Stein) Querschnitt.

Fig. 149.



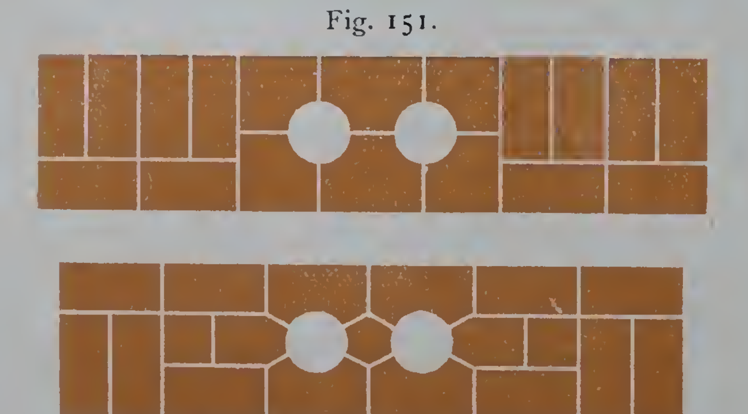
Rechteckige Schornsteine von 14 × 27 cm (= 1/2 auf 1 Stein) Querschnitt.

Fig. 150.



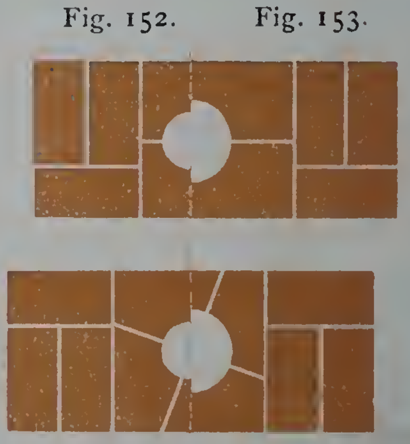
Rechteckige Schornsteine von 27 × 27 cm (= 1 auf 1 Stein) Querschnitt.

Fig. 151.



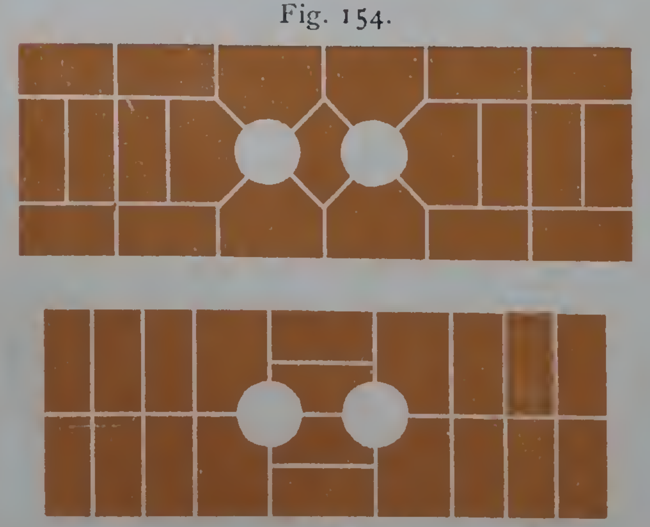
Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. in 1 1/2 Stein starker Mauer.

Fig. 152. Fig. 153.



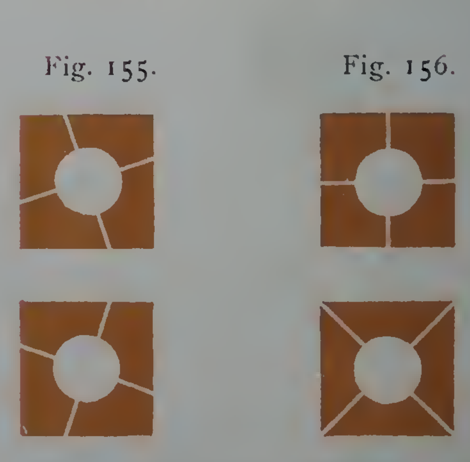
Runde Schornsteine von 14 cm 20 cm Durchm. in 1 1/2 Stein starker Mauer.

Fig. 154.



Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. in 2 Stein starker Mauer.

Fig. 155. Fig. 156.



Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. und 32 cm äußerer Dicke.

Maßstab: 1/25 w. Gr.

bei der zweiten 2 verfchiedene Sorten nothwendig find. Beide Anordnungen find nicht geeignet, Schornfteine mit dem Mauerwerk im Verband herzuftellen, fonach nur für einzelne frei ftehende oder in Fachwerkwände eingefchaltete Schornfteine zu verwenden. Wollte man die in Fig. 155 dargeftellten Formfteine auch für im Verband zu mauernde Schornfteine verwenden, fo hätte man nach Fig. 152 u. 153 noch eine weitere Formfteinforte hinzuzufügen.

Die durch die Fig. 151 veranfchaulichten Steine geftatten die Herftellung von Schornfteinen in $1^1/_2$ Stein ftarken Mauern anfchliefsend an den Verband der letzteren; indefs find 4, bei gekuppelten Schornfteinen fogar 5 verfchiedene Steinforten erforderlich. Die Formfteine in Fig. 154 werden fich kaum in fchwächeren als 2 Stein ftarken Mauern ausführen laffen; es find dabei 2 verfchiedene Steinforten ausreichend, wenn die neben einander gelegenen Schornfteine in Abftänden von mehr als 25 cm (von Mitte zu Mitte) angeordnet werden dürfen. Soll diefer Abftand geringer fein, fo find, wie aus Fig. 154 hervorgeht, 2 weitere (im Ganzen alfo 4) Formfteinforten erforderlich.

Aus den hier vorgeführten Beifpielen geht hervor, dafs die zur Zeit üblichen Formfteine noch zu wünfchen übrig laffen und nicht in allen Fällen mit Vortheil zu verwenden find. Abgefehen davon, dafs die einen für Ausführungen im Verband gar nicht, die anderen faft nur für folche Ausführungen geeignet find, erfordern die in Fig. 154 unter Umftänden zu grofse Mauerdicken [153]).

238. Schornfteine aus Formftücken.

Die runden Schornfteine werden auch aus hohlen Formftücken von ganz gefchloffener Geftalt hergeftellt; diefelben müffen, um zu verhindern, dafs fie in Folge einfeitiger Belaftung berften, höher fein, als die benachbarten Steine. Bisweilen werden fie fogar fo hoch hergeftellt, dafs im Schornftein nur $^1/_{10}$ bis $^1/_4$ der wagrechten Fugen vorhanden find, welche das angrenzende Mauerwerk enthält.

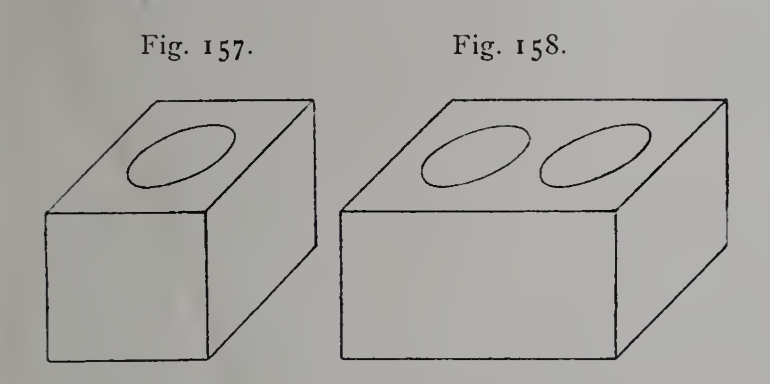


Fig. 157. Fig. 158.

Als Beifpiel für derartige Formftücke mögen die in Fig. 157 u. 158 dargeftellten dienen; fie werden aus demfelben Stoff, wie die in Theil I, Band 1, erfte Hälfte (Art. 81, S. 135) befchriebenen Schwemmfteine erzeugt und finden in manchen Gegenden häufige Verwendung [154]). Indefs ift hierbei mit Vorficht zu verfahren, da fie fowohl in conftructiver, als auch, wenn der verwendete Stoff nicht ein durchweg vorzüglicher ift, in feuerpolizeilicher Beziehung nicht ganz unbedenklich find. Wird bei der Ausführung nicht fehr forgfältig verfahren, fo tritt häufig ein ungleichförmiges Setzen und hierdurch ein Abtrennen der Schornfteine von den benachbarten Wänden oder dem fich anfchliefsenden Mauerwerk ein. Auch ift es bei der in Fig. 159 veranfchaulichten Ifolirung der Schornfteine *a*, *a* von der Fachwerkwand *W* dringend geboten, die Rauchröhre *r* des Ofens von vornherein einzumauern und zum Schutze gegen Feuersgefahr den hohlen Raum *C* mit Afche zu verfüllen [155]).

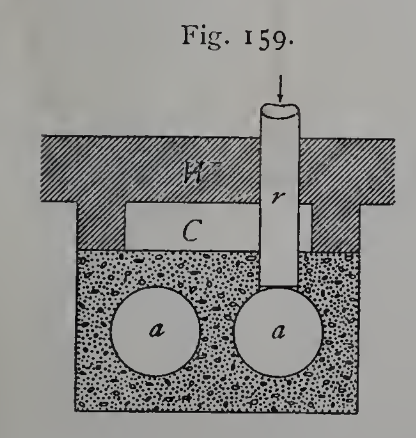


Fig. 159.

Anftatt folcher Formftücke werden auch Schornfteintrommeln aus gebranntem Thon verwendet, die mittels Verfalzung auf einander gefetzt werden; ihre Aufsenwandung wird mit Riefen verfehen, damit der Putz beffer daran hafte. Diefe Conftruction ift in Frankreich vielfach üblich; der Schornfteinquerfchnitt wird dort rechteckig mit ausgerundeten Ecken gewählt; die lichte Weite beträgt in der Regel 17, bezw. 24 cm, die Höhe der Trommeln 30 bis 50 cm und die Wanddicke 3 bis 4 cm. Damit die Innenwandungen der Schornfteine möglichft glatt find, werden die thönernen Formftücke wohl auch innen glafirt [156]).

[153]) Die in Frankreich unter dem Namen *équerre, plat à barbe, violon* und *chapeau de commiffaire* üblichen Formfteine, ferner die von *Gourlier* eingeführten T-förmigen Formfteine, endlich die von *Courtois* herrührenden Formfteine für Schornfteine von elliptifchem Querfchnitt find in: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités* (Paris 1880. S. 254—256) zu erfehen.

[154]) Die an der angezogenen Stelle in der Fufsnote 81 genannte Firma *Hubaleck & Co.* in Neuwied-Weiffenthurm erzeugt folche Kaminfteine für Schornfteine von 15 bis 31,5 cm lichte Weite; die Wandftärke beträgt 8 bis 9 cm, die Höhe der einzelnen Stücke 32 cm.

[155]) Vergl.: HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1880, S. 111.

[156]) Ueber die von *Fourouge* u. A. herrührenden derartigen Formftücke fiehe: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités*. Paris 1880. S. 253, 256 u. 257.

239. Sonst. constr. Einzelheiten der Schornsteine.

Ueber die Abmessungen der Schornsteine wurde bereits in Art. 215 (S. 198) das Erforderliche gesagt. Die Wanddicke hat bei runden Schornsteinen mindestens 9 cm, bei Schornsteinen von reckteckigem Querschnitt mindestens 12 cm (= 1/2 Stein) zu betragen, vorausgesetzt, dass diese Schornsteine im Inneren der Gebäude gelegen sind. In 1 1/2 Stein starken Backsteinmauern können deshalb bei Anwendung von Formsteinen runde Schornsteine bis zu 20 cm (ohne Putz) lichter Weite (siehe Fig. 153) ausgeführt werden; einzelne frei stehende Schornsteine von 14 bis 20 cm lichtem Durchmesser erfordern im Aeusseren bezw. 32 bis 38 cm Quadratseite. (Vergl. auch Fig. 155 u. 156.)

Ist eine Schornsteinmauer nach dem Freien zu gelegen, so ist an dieser Seite, um eine zu grosse Abkühlung der Rauchgase zu verhüten, die Mindest-Wanddicke der Schornsteine auf 25 cm (= 1 Stein) zu erhöhen.

Liegen in einer Mauer mehrere Schornsteine nahe neben einander, so sind die sie trennenden Scheidungen oder Zungen mindestens 9 cm dick zu machen; indess wird man bis auf dieses Mindestmass nur bei Formsteinen herabgehen können; bei Anwendung gewöhnlicher Backsteine wird dasselbe 12 cm (= 1/2 Stein) betragen. Die hie und da übliche Herstellung der Schornsteinzungen aus hochkantig gestellten Backsteinen (also in einer Stärke von nur 6,5 cm) ist unzulässig; es wird hierdurch nicht nur ein guter Verband unmöglich gemacht; sondern derartige schwache Zungen können auch beim Reinigen der Schornsteine durch das Anschlagen der hiezu verwendeten Kugeln beschädigt werden.

Die für im Inneren der Gebäude gelegene Schornsteine angegebenen Mindest-Wanddicken (von 9, bezw. 12 cm) genügen bei gut und ordnungsmässig ausgeführten Anlagen auch dann, wenn Bretter und Latten in Decken, Wänden und Fussböden dagegen stossen. Von sonstigem Holzwerk muss, da jeder Schornstein die Gefahr der Russentzündung in sich trägt, dessen Innenwandung mindestens 20 bis 25 cm entfernt bleiben; werden die betreffenden Holztheile durch Blechbekleidung oder durch Ausmauerung des zwischen ihnen und dem Schornstein gelegenen Zwischenraumes geschützt, so kann der erwähnte Mindestabstand um etwa 5 cm vermindert werden.

Sowohl rechteckige, wie kreisrunde Schornsteine sollen auf ihre ganze Länge in gleicher Lichtweite hergestellt und durch keinerlei in sie hineinragende Gegenstände stellenweise verengt werden. Wie später noch beim Reinigen der Schornsteine (Art. 255, S. 232) gezeigt werden wird, empfiehlt es sich, dieselben bis in das Kellergeschoss hinabzuführen. Es wird ferner von den Schornsteinen gefordert, dass dieselben entweder auf sicherem Baugrund errichtet seien oder sicher und ausschliesslich auf Mauern, Gewölben oder geeigneten Eisen-Constructionen aufruhen. Das Aufsetzen derselben auf Holzgebälke oder deren Unterstützung durch Fachwerkwände ist unstatthaft. Die durch Schornsteine durchschnittenen Gebälke müssen in der Weise ausgewechselt werden, wie dies bereits in Theil III, Band 2, Heft 2 (Abschn. 2, B: Balken-Decken) gezeigt wurde [157]).

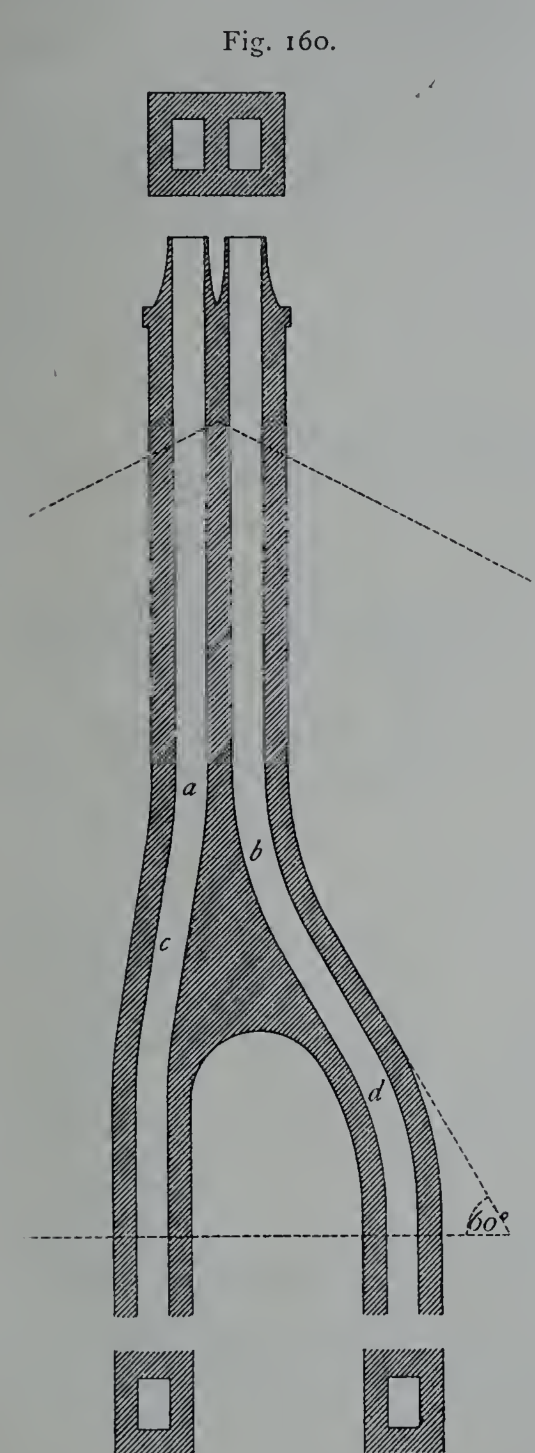
240. Schleifen der Schornsteine.

Das sog. Schleifen oder Ziehen der Schornsteine (Fig. 160) besteht entweder darin, dass man einen Schornstein den Dachbodenraum in geneigter Lage durchziehen lässt, um ihn in der Nähe des Dachfirstes ausmünden lassen zu können (vergl. den nächsten Artikel), oder das Schleifen entsteht durch Vereinigung zweier oder mehrerer, nicht zu weit von einander entfernten Schornsteine zu einem einzigen Mauerkörper, in welchem Falle man den Vortheil erzielt, dass die Dachfläche statt an zwei oder mehreren Stellen nur an einem Punkte durchschnitten wird. Der geschleifte Schornstein darf nicht mehr als 30 Grad von der lothrechten Lage abweichen und soll entweder ganz in vollen Mauern liegen oder von steinernen Gewölben getragen werden. Das Schleifen der Schornsteine auf hölzernen Brücken oder sonstigen Holzunterlagen, eben so flachere Neigungen als 60 Grad zur Wag-

157) Art. 236 bis 239: Zusätze der Herausgeber.

rechten find zu verwerfen. Defsgleichen ift das Ineinanderfchleifen oder Zufammenleiten zweier oder noch mehrerer Schornfteinquerfchnitte in einen einzigen nicht ftatthaft, da durch das Weglaffen der Zungen die Reinigung und die Rauchabführung beeinträchtigt werden. Richtungswechfel (fiehe die Stellen *a*, *b*, *d* in Fig. 160) find abzurunden [158]).

Fig. 160.



1/50 w. Gr.

241.
Schornftein-Ausmündungen.

Die Schornfteine durchbrechen die betreffende Dachfläche und ragen über derfelben noch ein Stück lothrecht empor. Die Länge diefes frei emporftehenden Theiles ift hauptfächlich von zwei Umftänden abhängig. Zunächft ift es die Rückficht auf Feuersgefahr, welche eine beftimmte Mindeftentfernung allen Holzwerkes von der Schornfteinmündung erfordert. Nach *Baumeifter* foll die letztere von der Dachfläche in lothrechtem Sinne mindeftens 50 cm, im wagrechten Sinne mindeftens 1 m, von höher gelegenen hölzernen Bautheilen wagrecht mindeftens 1,5 m entfernt fein; bei unficherer Bedachung mufs der Schornftein 1 m über die Höhe des Dachfirftes emporgeführt werden [158]).

Das letztgedachte Emporführen der Schornfteinmündung über den Dachfirft empfiehlt fich indefs nicht nur der Feuersgefahr wegen, fondern auch des Einfluffes halber, welchen die Windftrömungen auf den Abzug der Rauchgafe ausüben. Von diefen Einflüffen und der dadurch bedingten Höhe des über der Dachfläche hervorragenden Schornfteintheiles wird noch im Folgenden (unter d) die Rede fein; an diefer Stelle fei nur erwähnt, dafs man mit Rückficht auf diefe Zugftörungen häufig fämmtliche Schornfteine, auch bei gröfserer Entfernung vom Dachfirft, fo weit emporführt, dafs fie denfelben überragen.

Solche nahe am Dachfaume aus den Dachflächen austretende, fehr hohe Schornfteinenden haben, da ihre wagrechten Abmeffungen geringe find, häufig keine genügende Widerftandsfähigkeit gegen die herrfchenden Winde. Man fetzt defshalb auf die gemauerten Schornfteine bisweilen Röhren aus Eifen oder Thon auf; immerhin find folche Röhren, wie auch höhere gemauerte Schornftein-Endigungen durch eiferne Anker, die auf den Dachfparren befeftigt find, feft zu halten.

242.
Conftruction gemauerter Luft-Canäle.

Wenn gemauerte Canäle für Luftleitungen verwendet werden, deren Druck erheblich von demjenigen der fie umgebenden Luft verfchieden ift, fo findet ein nicht unbedeutendes Durchftrömen der Poren des Mauerwerkes Seitens der Luft ftatt. In ein Canalnetz liefs ich verfuchshalber während einer Stunde 108 000 cbm Luft blafen. Obgleich alle regelmäfsigen Ausgänge gefperrt waren, ftieg der Druck nur unbedeutend. Die Verfchlüffe, Klappen und Schieber waren nicht ganz dicht; trotzdem war nur anzunehmen, dafs der gröfste Theil der Luft den Weg durch die

158) Vergl.: BAUMEISTER, R. Normale Bauordnung. Wiesbaden 1881. §. 33, S. 48.

Wände gefunden habe. Thatfächlich wurde der Zuftand in hohem Grade gebeffert, nachdem die Innenflächen des befahrbaren Theiles des Canalnetzes wiederholt mit Wafferglas geftrichen waren. Bei gröfseren Anlagen wird man von vornherein auf möglichfte Dichtheit der Wände zu fehen haben und defshalb durch Aus- oder Bekleiden mit Cementputz, einer Afphaltfchicht oder durch ähnliche Mittel die Luftdurchläffigkeit befeitigen oder doch vermindern.

Im Uebrigen gilt bezüglich der Conftruction der gemauerten Luft-Canäle grofsentheils das über Schornfteine Gefagte; einige befondere Einrichtungen derfelben werden noch unter d und e befchrieben werden.

Literatur

über »Schornfteine«.

Caufe and cure of fmoky chimneys. Builder, Bd. 8, S. 529, 578; Bd. 9, S. 3, 68, 212, 243.

Preufsifche Verfügung vom 22. Dec. 1851, die Anlage und das Ausbrennen enger Schornfteinröhren betreffend. Zeitfchr. f. Bauw. 1852, S. 3.

ECKSTEIN, G. F. *A practical treatife on chimneys etc.* London 1852.

Theorie der Schornfteine und Feuerungsanlagen. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1858, S. 41.

Preufsifcher Erlafs vom 15. Sept. 1860, betreffend die unter gewiffen Bedingungen zuläffige Anwendung von Luftfteinen zu befahrbaren Schornfteinen einftöckiger Gebäude auf dem platten Lande. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 1.

JOHANNY. Praktifche Vorfchläge zur Verbefferung der Schornfteine. Allg. Bauz. 1862, Notizbl., S. 170.

Neue Methode der Rauchabführung aus Gebäuden. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1862, S. 198.

Ueber Schornfteine. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1864, S. 154.

SCHÄVEN. Ueber Schornfteinanlagen. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 87.

Preufsifcher Circular-Erlafs vom 4. Jan. 1867, betreffend den Glanzrufs in engen Schornfteinröhren. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 105.

Einführung mehrerer Oefen in denfelben Schornftein. Deutfche Bauz. 1867, S. 232.

Ueber die Verminderung des Glanzruffes in engen Schornfteinröhren. Polyt. Journ., Bd. 185, S. 322.

EDWARDS, F. *A treatife on fmoky chimneys; their cure and prevention.* London 1868.

SCHWATLO. Kann ein ruffifches Schornfteinrohr auch Oefen verfchiedener Stockwerke aufnehmen etc.? Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 127.

Schornfteine aus hohlen fog. Kaminfteinen. Deutfche Bauz. 1868, S. 69.

Ueber die Urfachen der Bildung des Glanzruffes. Zeitfchr. f. Bauw. 1870, S. 121.

HUBER, C. Ueber den Zug in den Schornfteinen und die Einwirkung der Witterung auf denfelben. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1870, S. 383.

MEIDINGER. Zugftörungen in Schornfteinen, welche mehreren Stockwerken gemeinfam find. Polyt. Journ., Bd. 203, S. 185. Polyt. Centralbl. 1872, S. 715.

MEIDINGER. Ueber Zugftörung in Kaminen. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1873, S. 6.

Des tuyaux de cheminées. Gaz. des arch. et du bât. 1874, S. 83.

Feuergefährlichkeit von Schornftein-Anlagen. Deutfche Bauz. 1878, S. 132 u. 175.

Empfehlenswerthe Vorficht bei der Anlage und Benutzung von fog. »einläufigen« engen Kaminen. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 40.

AUMONT, H. *Wagons et tuyaux de fumée dans l'épaiffeur des murs. La femaine des conft.*, Jahrg. 9, S. 332.

Die Literatur über die in Art. 250 u. 251 (S. 229) noch zu befprechenden »Schornftein-Kappen, -Auffätze etc.« fiehe auf S. 180.

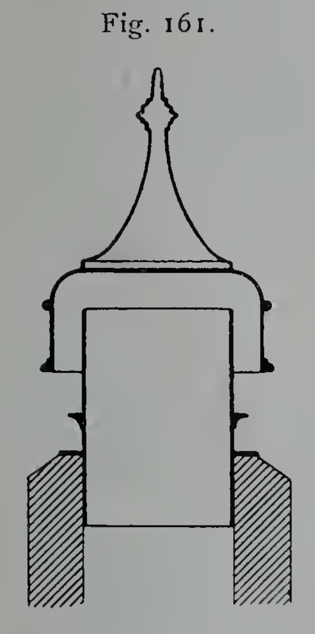
d) Sicherungen gegen atmofphärifche Einflüffe, gegen Staub, Ungeziefer etc.; Schornfteinauffätze und fonftige Einrichtungen.

243. Einflufs der kalten Aufsenluft.

Von den atmofphärifchen Einflüffen ift zunächft die Wirkung der kälteren, fonach fchwereren atmofphärifchen Luft an den Mündungen der Schornfteine und Luft-Abführungsfchächte zu nennen.

Würde man einen mit warmer Luft gefüllten Schacht unten abfchliefsen, fo würde gleichwohl ein Theil derfelben emporfteigen, während die kältere, über der Schachtmündung befindliche Luft nach unten ftrömt. Defshalb ift derfelbe Vorgang, nur gemildert, bezw. gehemmt durch die Gefchwindigkeit der ausftrömenden Luft, vorauszufetzen, während der Schacht unten geöffnet, bezw. in Thätigkeit ift. Mit der Zunahme der Ausftrömungsgefchwindigkeit nimmt offenbar das Einftrömen der kalten Luft ab, wefshalb man diefes unfchädlich macht — die Schädlichkeit befteht in der unmittelbaren Störung des Luftausfluffes und der Abkühlung der im Schornfteine befindlichen Luft — durch entfprechende Ausftrömungsgefchwindigkeit. Man pflegt nicht unter 1 m Ausftrömungsgefchwindigkeit herabzugehen, verwendet aber, namentlich bei Rauch, der mittels Schornfteine gröfseren Querfchnittes abgeführt wird, nicht felten viel gröfsere Gefchwindigkeiten. Defshalb werden die Schornfteine häufig nach oben verengt; man will an der Mündung derfelben eine gröfsere, weiter unten, der Verringerung der Widerftände halber, eine kleinere Gefchwindigkeit haben. (Vergl. auch Art. 251, S. 229.)

Fig. 161.



Schornfteinhaube.

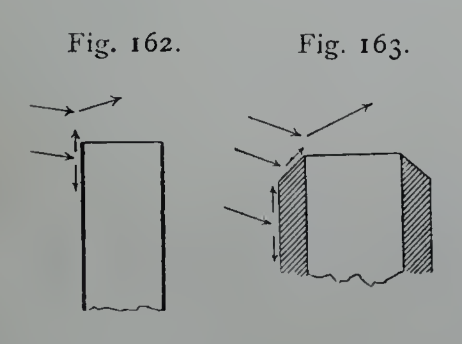
Das Ausftrömen warmer und das Niederfallen kalter Luft ift bei aufser Betrieb befindlichen Schornfteinen, wie Lüftungsfchloten noch in anderer Richtung beachtenswerth. Selbft wenn diefelben unten gefchloffen find, fo führt die in Rede ftehende Spülung verhältnifsmäfsig rafch deren Abkühlung herbei, wodurch auch dann die Wiederinbetriebfetzung erfchwert wird, wenn die Unterbrechung des Betriebes nur kürzere Zeit ftattfindet. Man kann diefem Uebelftande durch Auffetzen einer nach Fig. 161 eingerichteten Haube einigermafsen vorbeugen; diefe läfft nur in fo weit kalte Luft an die eigentliche Schornfteinmündung gelangen, als folche durch den Wind unter dem Rande der Haube hindurch getrieben wird.

244. Einflufs des Windes.

Der Wind kann, da derfelbe bei etwa 7 m Gefchwindigkeit einen Druck von etwa 6 kg, heftiger Wind bei etwa 12 m Gefchwindigkeit einen Druck von 18 kg, Sturm bei etwa 25 m Gefchwindigkeit einen Druck von 74 kg für 1 qm ausübt, die Luftftrömungen der Canäle aufserordentlich beeinfluffen.

Zunächft an den Mündungen der Abzugs-Canäle und Schornfteine. Indem der Wind über benachbarte höhere Gegenftände, Hügel, Dächer u. f. w. hinwegftrömt, nimmt derfelbe eine nach unten geneigte Bewegungsrichtung an, fo dafs ein Zweig feiner Gefchwindigkeit in die Schornfteinmündung ftöfst. Das glatte prismatifche Ende einer dünnwandigen Röhre (Fig. 162), der zugefpitzte Kopf eines gemauerten Schachtes (Fig. 163) und ähnliche Formen (vergl. Fig. 172 bis 175 auf S. 229) bringen eine folche Ablenkung des wenig geneigten Windftromes hervor, dafs die Seitenftrömung die Hauptftrömung über der Mündung nach oben abzulenken vermag. An den Enden derartiger Schächte angebrachte Gefimfe hemmen die nützliche, nach oben gerichtete Seitenftrömung und follten defshalb nicht vorkommen.

Fig. 162. Fig. 163.



245. Luftfauger.

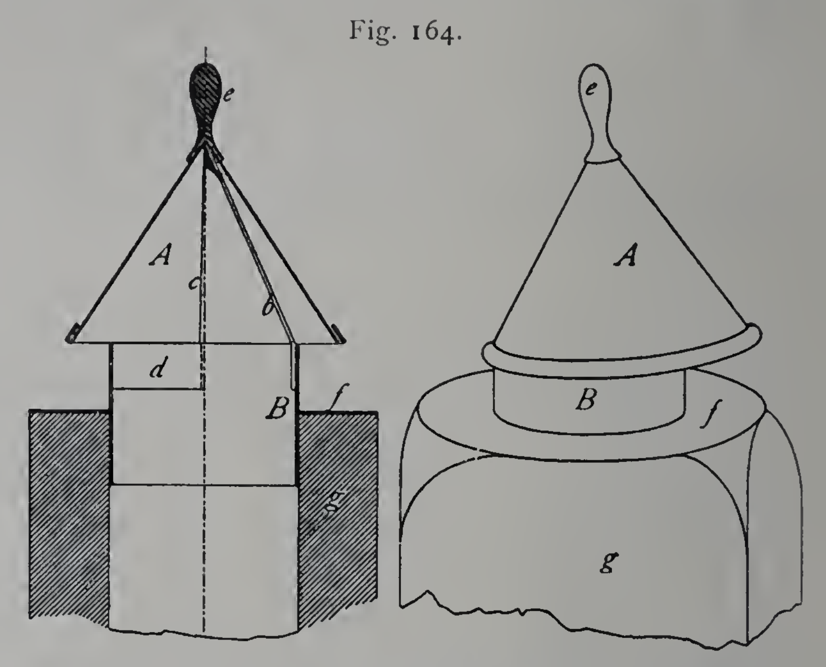
Die Saugköpfe in Fig. 87, 88, 96, 97 u. 98 (S. 176 u. 179) heben felbftverftändlich den bisher in Rede ftehenden Einflufs, indem der Wind unter ihrer Hilfe, ftatt

in die Canalmündung zu drücken, in derfelben eine Luftverdünnung hervorruft. Diefe ift jedoch auch nicht immer angenehm, indem durch fie ftofsweife eine zu ftarke Luft-Abführung herbeigeführt wird.

Ein Windkopf, welcher ebenfalls etwas faugend wirkt, vor Allem aber im vorliegenden Sinne nutzt, ift in Fig. 164 im lothrechten Durchfchnitt und in einer Seitenanficht dargeftellt.

Auf einer Spitze *a*, die entweder von drei Beinen *b* oder einer im Steg *d* fteckenden Spindel *c* getragen wird, fchwingt der kegelförmige Hut *A*. Wenn jeglicher Wind mangelt, fo befindet fich die Axe des kegelförmigen Hutes in lothrechter Lage, und Luft oder Rauch vermögen, nach Ueberwindung eines geringen Widerftandes $\left(\text{etwa } 1{,}2\ \gamma\ \frac{v^2}{2g}\right)$, aus der zwifchen Kegelmantel *A* und Schornfteinröhre *B* befindlichen ringförmigen Oeffnung zu entweichen. Sobald jedoch eine nennenswerthe Gefchwindigkeit des Windes eintritt, fo legt fich der Rand des Kegels vor dem Winde an den Rand der Röhre *B*, während auf der entgegengefetzten Seite ein um fo gröfserer Spalt für das Abftrömen der Luft oder des Rauches frei wird. Damit das Neigen des Kegels fchon bei mäfsigem Winde eintritt, mufs das Gegengewicht *e* angebracht werden; hierdurch wird der Schwerpunkt des Hutes nach oben gerückt und die Arbeit für das Heben deffelben geringer. Die Schornfteinröhre *B* ift mit einem breiten Rande *f* verfehen, welcher das Abheben des Kegels durch zufällig in ftark aufwärts geneigter Richtung ftofsenden Wind verhütet. Dieser Rand dient, wenn der Windhut auf einen gemauerten Schacht *g* gefetzt wird, gleichzeitig zur Abdeckung des Mauerwerkes.

Fig. 164.



246.
Ausmündung der Luft-Ableitungen.

Weder die früher befchriebenen Saugköpfe, noch der in Fig. 164 gezeichnete Windhut vermögen den freien Austritt der Luft oder des Rauches zu fchützen, fobald durch Wind der Druck der Luft in der Umgebung der Canalmündung vergröfsert wird. Diefer Fall tritt z. B. ein, fobald der Wind gegen eine lothrechte oder fteile Fläche ftöfst, vor welcher, und zwar in geringer Entfernung von derfelben, die Canalmündung fich befindet. Noch gefährlicher ift der Ort der Schornfteinmündung an der lothrechten Wand eines Dachausbaues, der vom Dach des letzteren überragt wird, fo dafs der gegen die Wand ftofsende Wind fo zwifchen dem Hauptdach und dem überftehenden Theil des Ausbaudaches fich fängt, dafs der Rauch unweigerlich nach unten geftofsen wird. Vermag man den auf die obere Canalmündung drückenden Wind gleichzeitig auf die untere Canalmündung drücken zu laffen, fo ift natürlich der befprochene Uebelftand gehoben.

Die fchädlichen Einwirkungen des Windes auf die Canalmündungen find weniger fühlbar bei den Schornfteinen, als bei den Luft-Abführungsröhren, deren Temperatur und deren Auftrieb faft immer weit geringer find, als diejenigen der Rauchfchornfteine. Namentlich wird auch das zu ftarke, ftofsweife Saugen der Luft-Abführungsröhren recht unangenehm, da man fich gegen daffelbe durch irgend welche Regelung nicht zu fchützen vermag. Man läfft in Folge deffen häufig diefe Röhren unter Dach, in den unbefchränkten und vermöge der zahllofen Oeffnungen der Dachdeckung oder mittels befonders angebrachter Röhren überall mit der freien Luft in Verbindung ftehenden Dachraum münden. Hier find fie gegen die Einflüffe

des Windes in denkbar bester Art geschützt. Leider hat dieses Verfahren nicht unbedeutende Nachtheile im Gefolge. Im Winter kühlt sich die warme, in den Dachraum tretende Luft, namentlich an der unteren Fläche der Bedachung, ab und verliert dadurch die Fähigkeit, sämmtlichen in sich aufgenommenen Wasserdampf fest zu halten. Die Verdichtung des letzterern veranlasst eine Netzung der Bedachung, so wie des Holzwerkes und führt hierdurch die Fäulnifs desselben herbei. Auf dem in vorliegender Weise benutzten Dachboden eines viel benutzten Ballhauses fand ich das Holzwerk mit Schimmel überzogen.

Aehnlich unangenehm kann eine andere Folge der in Rede stehenden Einrichtung sein. Durch die grofse, in den Dachraum geführte Wärmemenge thaut der Schnee auf der von unten erwärmten Dachfläche früher, als in der Dachrinne. Das niedersickernde Wasser gefriert in der Rinne und wenn die Umstände ungünstig zusammentreffen, so bilden sich an den gesperrten Dachrinnen schwere Eiszapfen, welche die Dachrinnen beschädigen oder gar abbrechen.

Man wird daher die Canalmündungen nur mit aller Rücksicht auf die soeben besprochenen Vorgänge unter Dach legen.

Ein Lockschornstein, welcher die Luft einer Zahl von Räumen abführt und der so hoch gemacht wird, dafs die Luftströmungen seine Mündung nahezu wagrecht treffen und ein Anstauen der Luft in deren Nähe unmöglich ist, leidet fast nicht unter den Einflüssen des Windes, wefshalb — zumal in den tiefer liegenden Geschossen die Canäle besser unterzubringen sind und die Temperatur der Lockschornsteine durch ergänzendes Heizen der Temperatur des Freien angepasst werden kann — es sich in sehr vielen Fällen empfiehlt, die Luft nach unten in einen gemeinschaftlichen Sammel-Canal und mit Hilfe dessen einem Lockschornsteine zuzuführen.

247.
Ausmündung der Luft-Zuleitungen.

Die Mündungen der Luft-Einleitungs-Canäle leiden nicht weniger unter den Einflüssen des Windes, als diejenigen, welche die Luft abzuführen bestimmt sind.

Sie befinden sich entweder in der Nähe des Erdbodens oder über dem Dache oder zwischen diesen beiden Orten, in den lothrechten Wänden des Gebäudes.

Die Erörterung der Vorgänge an über Dach befindlichen Zuführungs-Canalmündungen kann ich hier unterlassen, da sie vorwiegend Wiederholungen des über die Abführungs-Canalmündungen Gesagten bringen würde.

Canalmündungen in den lothrechten Aufsenwänden der Gebäude werden durch den Wind weit unmittelbarer getroffen, als die vorhin genannten.

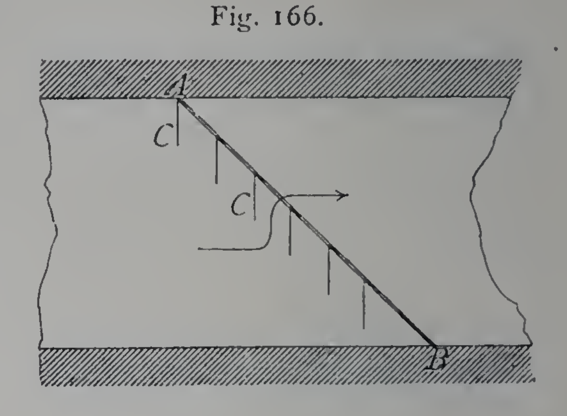
Schutzmittel vermögen die Einflüsse auf die Mündungen nicht zu brechen, da, wenn z. B. gegen das Haus (Fig. 165) der Wind in der Richtung des Pfeiles die vor dem Winde liegende Hausfläche trifft, hier eine Anstauung, eine Vermehrung des Luftdruckes erfolgt, während an der vom Winde abliegenden Fläche eine Luftverdünnung, eine Verminderung des Druckes eintritt. Je nach der wechselnden Windrichtung unterstützt daher der Wind die Mittel, welche zur Bewegung der Luft im zugehörigen Canalnetz dienen, oder wirkt ihnen entgegen. Angesichts der wiederholt hervorgehobenen Kraft des Windes werden nicht selten die schwächeren Mittel (z. B. der Auftrieb) überwunden, aber auch die Leistung der kräftigeren Mittel (Gebläse) in erheblichem Mafse herabgedrückt. Andererseits wird zuweilen die Luft mit grofser Heftigkeit eingeblasen, und zwar stofsweise, so dafs der Aufenthalt im gelüfteten Raume recht unbehaglich werden kann.

Fig. 165.

Das zu kräftige ftofsweife Einblafen läfft fich durch eine Klappenanordnung, welche Fig. 166 verfinnlicht, verhindern.

Innerhalb des Canales befindet fich ein Rahmenwerk AB, welches mittels Querftäbe in einzelne Oeffnungen fo zerlegt ift, dafs Leinwandftreifen C, die, mit ihrem oberen Rande befeftigt, an ihrem unteren Rande durch einen eingelegten Draht belaftet find, die einzelnen Oeffnungen verfchliefsen, fobald die Windgefchwindigkeit eine zu grofse wird. Bei geringerer Luftgefchwindigkeit fallen die Klappen in eine nahezu lothrechte Lage zurück, fo dafs die Luft durch die frei gelegten Oeffnungen des Rahmenwerkes AB hindurch zu fliefsen vermag.

Fig. 166.



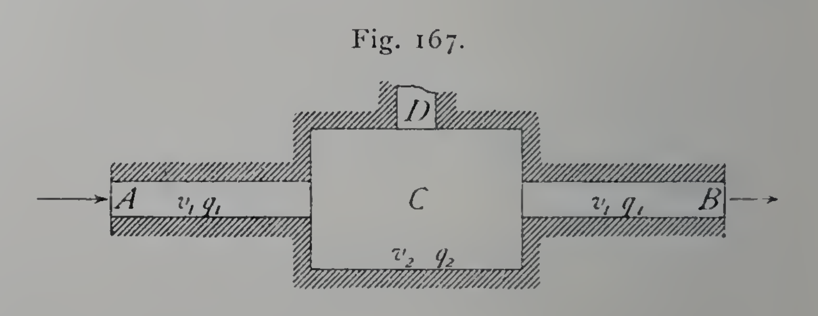
Der hinter dem Winde, alfo in Bezug auf Fig. 165 rechts mündende, der Luft-Einführung gewidmete Canal kann gegen ftofsweifes Abfaugen in ähnlicher Weife gefchützt werden; jedoch hat dies geringen Werth, da, fo lange die betreffende Windrichtung dauert, das Einftrömen der Luft mindeftens befchränkt wird, alfo die Anlage das Erwartete nicht leiftet.

Alle in den lothrechten Wänden der Gebäude oder im Bereich der durch fie veranlafften Luftftauungen, bezw. Luftverdünnungen gelegenen Eintrittsöffnungen für die frifche Luft werden fonach in erheblichem Grade vom Winde beeinflufft. Die Wirkung diefer Beeinfluffung auf die Luftbewegung in den Canälen des Gebäudes kann nur dadurch gebrochen werden, dafs man zweifeitige Luft-Zufuhr anwendet, d. h. der an einer Seite des Gebäudes gelegenen Eintrittsöffnung eine folche an der anderen Seite gegenüber legt und beide in geeigneter Weife mit einander verbindet.

Am wirkfamften ift folgende Einrichtung.

Zwei Luft-Schöpföffnungen A und B (Fig. 167), welche an entgegengefetzten Seiten des Gebäudes liegen, find mittels eines Canales unter fich verbunden, deffen Querfchnitt bei C eine bedeutende Erweiterung enthält. Wenn nun die Querfchnitte q_1, wie auch die Widerftände dieffeits und jenfeits der Erweiterung als gleich angenommen werden dürfen und q_2, d. i. der Querfchnitt der Erweiterung, gegenüber q_1 grofs genug ift, um die Gefchwindigkeit v_2 gegenüber v_1 zu vernachläffigen, fo mufs der Druck in C etwa mitten zwifchen denjenigen Drücken liegen, die vor, bezw. hinter dem Winde herrfchen, d. h. etwa gleich demjenigen in der freien Luft fein. Die aus C mittels des Canales D abgeleitete Luft ift demnach den Einflüffen der Windftrömungen im Wefentlichen entzogen. Dies gelingt um fo vollftändiger, je gröfser $\frac{q_2}{q_1}$ ift. Aber auch das Verhältnifs des Querfchnittes q_1 zum Querfchnitt des Canales D, richtiger zu der durch D entnommenen Luftmenge, ift von Einflufs, indem durch den linksfeitigen Canaltheil diejenige Luft ftrömt, welche rechtsfeitig entweicht, vermehrt um die durch D abgeleitete. Die Widerftände find demnach von A bis C gröfser, als von C bis B. Je gröfser q_1 gegenüber der verlangten Luftmenge ift, defto mehr verfchwindet diefer Unterfchied.

Fig. 167.



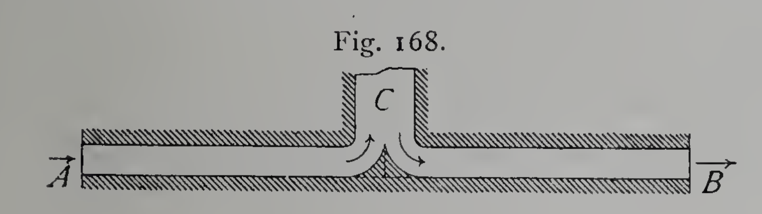
Man benutzt diefe Regeln, indem man erhebliche Canalerweiterungen oder geradezu Luftkammern auf dem Dachboden oder im Keller anbringt, diefe einerfeits

mit zwei oder mehreren einander entgegengefetzten Mündungen, die zur Zuführung der Luft dienen, andererfeits mit den Heizkammern oder Vertheilungs-Canälen in Verbindung bringt. Diefe Querfchnittserweiterungen verbinden mit ihrem eigentlichen Zweck den Nebenvortheil, dafs ein grofser Theil des mit der frifchen Luft eingeführten Staubes in denfelben fich ablagert.

Diejenigen Luft-Zuführungs-Canäle, welche zwifchen den Balken liegen, können Raummangels halber nicht mit genügenden Querfchnittserweiterungen verfehen werden; man fchützt fie vor den Einflüffen des Windes durch entfprechende Hebung der Canalfohle.

A und *B* (Fig. 168) feien zwei in entgegengefetzten Wandflächen liegende Canalmündungen. Diefelben find mittels eines quer durch das Gebäude führenden Canales mit einander verbunden. Am Orte *C*, wofelbft Luftentnahme ftattfinden foll, ift die Sohle des genannten Canales um mindeftens die halbe lichte Canalhöhe gehoben, entweder nach der Form zweier zufammenftofsender Bogen, wie in Fig. 168 durch ausgezogene Linien angegeben ift, oder durch eine lothrechte, in Fig. 168 punktirt gezeichnete Wand. Drückt nun der Wind auf *A*, während bei *B* eine Luftverdünnung eintritt, fo ftrömt die Luft bei *C* von *A* aus nach oben, auf der anderen Seite nach unten; beide Strömungen reiben fich an einander und zerftören ihre Gefchwindigkeiten gegenfeitig. Sobald in der Richtung nach *C* Luft abgeleitet wird, mufs, unter Vorausfetzung gleicher Querfchnitte der Canäle, die Gefchwindigkeit der Luft in der Strecke *A C* gröfser fein, als diejenige der Strecke *C B*, fo dafs bei *C* ein entfprechender Unterdruck nothwendig ift, der von dem betreffenden Mittel zur Bewegung der Luft von *C* ab überwunden werden mufs.

Fig. 168.



248.
Einflufs der Wände-Durchläffigkeit u. f. w.

Früher wurde bereits erwähnt, dafs die Poren der Wände zwar vielfach gebogene und unregelmäfsige, jedoch zufammenhängende Canälchen bilden, welche die Luft hindurchftrömen laffen, fobald diefelbe an einer Seite der Wand einen gröfseren Druck ausübt, als an der entgegengefetzten Seite derfelben. Die Undichtheiten der Fenfter und Thüren verhalten fich eben fo. Der auf die vordere Aufsenwand eines Gebäudes drückende Wind durchftrömt zunächft diefe Aufsenwand, erzeugt in den von diefer begrenzten Räumen eine Druckfteigerung, ftrömt in Folge deffen durch die Scheidewände und fchliefslich durch die hintere Aufsenwand. Je gröfser der Druckunterfchied der vor und hinter dem Gebäude befindlichen Luft ift, um fo entfchiedener findet diefes Durchftrömen des Gebäudes ftatt. Wegen der Bewegungswiderftände innerhalb der genannten Canälchen mufs dem zufolge in den Räumen, die zunächft vom Winde getroffen werden, eine Druckfteigerung eintreten gegenüber denjenigen Zimmern, welche den erfteren gegenüber vom Winde ab liegen; d. h. die Luft-Einftrömungs-, wie auch die Abftrömungsöffnungen einer künftlichen Lüftungs- oder Heizungs-Anlage der erfteren Räume find mit einem höheren Druck belaftet, als diejenigen der letztgenannten. Die hierdurch entftehenden Störungen find oft fehr unangenehm und machen zuweilen die an der Windfeite befindlichen Räume fogar unheizbar. Man kann fie durch gefchickte Anordnung der Canalmündungen mindern, welche die frifche Luft dem Freien entnehmen, bezw. die benutzte Luft ausftofsen; regelmäfsig ift jedoch durch möglichft dichte Wände und Fenfter den in Rede ftehenden Erfcheinungen entgegen zu treten.

249.
Einflufs von Regen u. Schnee.

Regen und Schnee üben auf Luft-Canäle und Rauchfchornfteine mehrfachen fchädlichen Einflufs aus, wefshalb häufig Schutzvorkehrungen dagegen getroffen werden.

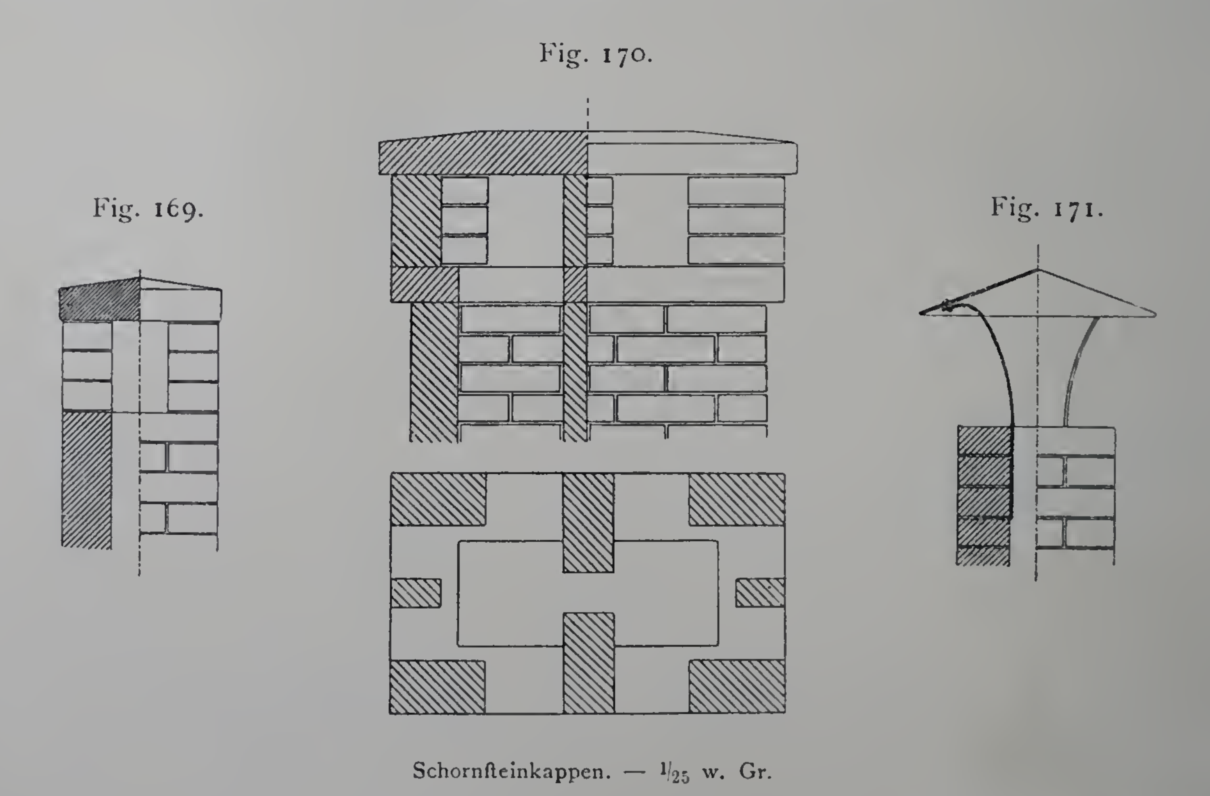
Zunächft find folche Canal-, bezw. Schornfteinwandungen, welche durch atmofphärifche Niederfchläge zerftört werden können, in geeigneter Weife abzudecken.

Bei Schloten oder Schlotendigungen, die aus Thonröhren beftehen, bedarf es keiner weiteren Vorkehrung; bei Eifenröhren genügt ein geeigneter Anftrich (Oelfarbe, beffer Afphalt). Gemauerte Luft-Canäle und Schornfteine jedoch erfordern eine Abdeckung; die letztere erfolgt meiftens durch wetter- und froftbeftändige Platten von etwa 8 cm Dicke, in denen die Querfchnitte der Schlote ausgehauen find und deren Oberfläche Gefälle nach aufsen erhält. Mit Rückficht auf den ftörenden Einflufs der Luftftrömungen (fiehe Art. 244, S. 223) würde es fich empfehlen, eine ftarke Abfchrägung diefer Platten eintreten zu laffen.

Nicht felten läfft man indefs diefe Platten über die Aufsenwandungen des Schornfteinmauerwerkes vorfpringen, oder man ordnet, um einen noch entfchiedeneren architektonifchen Abfchlufs des Schornfteines zu erzielen, an feiner Mündung Gefimfe u. f. w. (Schornfteinkränze) an. Da hierdurch die dem Rauchabzug günftigen (nach oben gerichteten) Luftftrömungen abgehalten werden, fo ift eine folche Anordnung nicht vortheilhaft; man follte ihren ungünftigen Einflufs ftets durch die in Art. 251 zu befprechenden Schornfteinauffätze mildern.

Regen und Schnee, welche in das Innere der Luft-Canäle und Schornfteine eindringen, kühlen diefe ab und fchwächen dadurch den Auftrieb, bezw. veranlaffen eine Umkehrung des Zuges. Auch kann es bei Rauchfchornfteinen gefchehen, dafs die durch Vermengung mit dem Rufs gebildete fchmutzige Flüffigkeit zu den Rauchröhren der Zimmeröfen gelangt und die Wände der betreffenden Räume befchmutzt; endlich wird die Bildung des feuergefährlichen Glanzruffes nicht unwefentlich begünftigt.

Rauchfchornfteine für umfangreichere Feuerungs-Anlagen befitzen meiftens einen gröfseren Auftrieb-Ueberfchufs, wefshalb bei diefen von einem fchützenden Dach abgefehen werden kann. Bei gewöhnlichen Rauchfchornfteinen jedoch und bei Luft-



Schornfteinkappen. — 1/25 w. Gr.

Canälen empfiehlt es fich, kleine Schutzdächer aufzufetzen; bei erfteren heifsen diefelben wohl auch **Schornfteinkappen**, **Schornfteinhüte** oder **Schornfteinhauben**.

250. Schornfteinkappen.

In der einfachften Geftalt wird eine Schornfteinkappe aus zwei gegen einander gelehnten Backfteinen hergeftellt. Beffer ift es, niedrige Pfeiler aus Backfteinen zu errichten und über diefe die Deckplatte aus natürlichem oder künftlichem Stein oder aus Gufseifen zu legen (Fig. 169 u. 170).

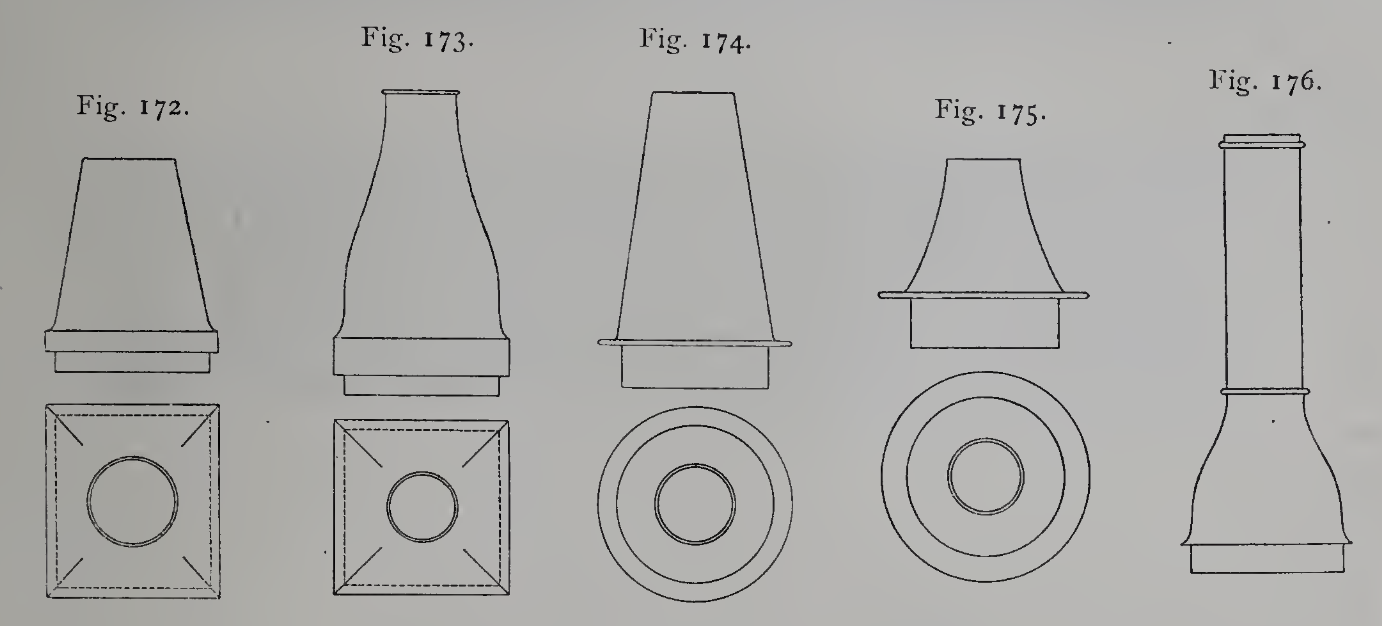
Einfacher und auch zweckmäfsiger, weil dadurch der Rauchabzug weniger behindert wird, ift es, wenn man die Schornfteinkappe als kleines kugel-, kegel- oder pyramidenförmiges Blechdach geftaltet (Fig. 171), welches auf 3 bis 4 in den Schornfteinwandungen befeftigten Eifenftäben aufruht. Die wagrechten Mafse diefes Daches betragen das $1\frac{1}{2}$- bis 2-fache der Aufsenabmeffungen des Schornfteines; fein

Abſtand von der Oberkante des letzteren wird mindeſtens dem $1^1/_2$-fachen Schornſteindurchmeſſer gleich gemacht; beſſer iſt es, das $1^3/_4$- bis 2-fache deſſelben zu wählen.

Verſchiedene Thonwaarenfabriken halten Schornſteinhauben vorräthig, bei denen Stützen und Schutzdach vereinigt ſind.

251. Schornſtein-aufſätze.

Schlieſslich iſt noch der nicht ſelten angewendeten Schornſteinköpfe oder Schornſteinaufſätze zu gedenken, welche im Weſentlichen eine Verjüngung des Schornſteinquerſchnittes bezwecken und ſonach der in Art. 243 (S. 223) angedeuteten Aufgabe zu entſprechen haben. Giebt man ſolchen Aufſätzen auch nach auſsen eine zugeſpitzte (kegel- oder pyramidenförmige oder ähnliche) Geſtalt, ſo wird über-



Schornſteinaufſätze. — $^1/_{10}$ w. Gr.

dies der Rückſicht auf die ſchon erwähnten aufwärts gerichteten, den Rauchabzug begünſtigenden Luftſtrömungen (ſiehe Art. 244, S. 223) Rechnung getragen. (Vergl. auch Art. 249.)

Solche Schornſteinaufſätze werden meiſt aus Thon, aus Eiſenguſs, aus Eiſen- oder Zinkblech (Fig. 172 bis 176) hergeſtellt.

Fig. 177. Fig. 178.

Schornſteinaufſatz von *J. F. Eſpenſchied* in Friedrichsfeld. *Doulton & Co.* in London.

Häufig vereinigt man Aufſatz und Kappe. Bisweilen wird der durch den Aufſatz verengte Schornſteinquerſchnitt durch eine beſonders aufgeſetzte Röhre noch ein Stück fortgeſetzt (Fig. 176).

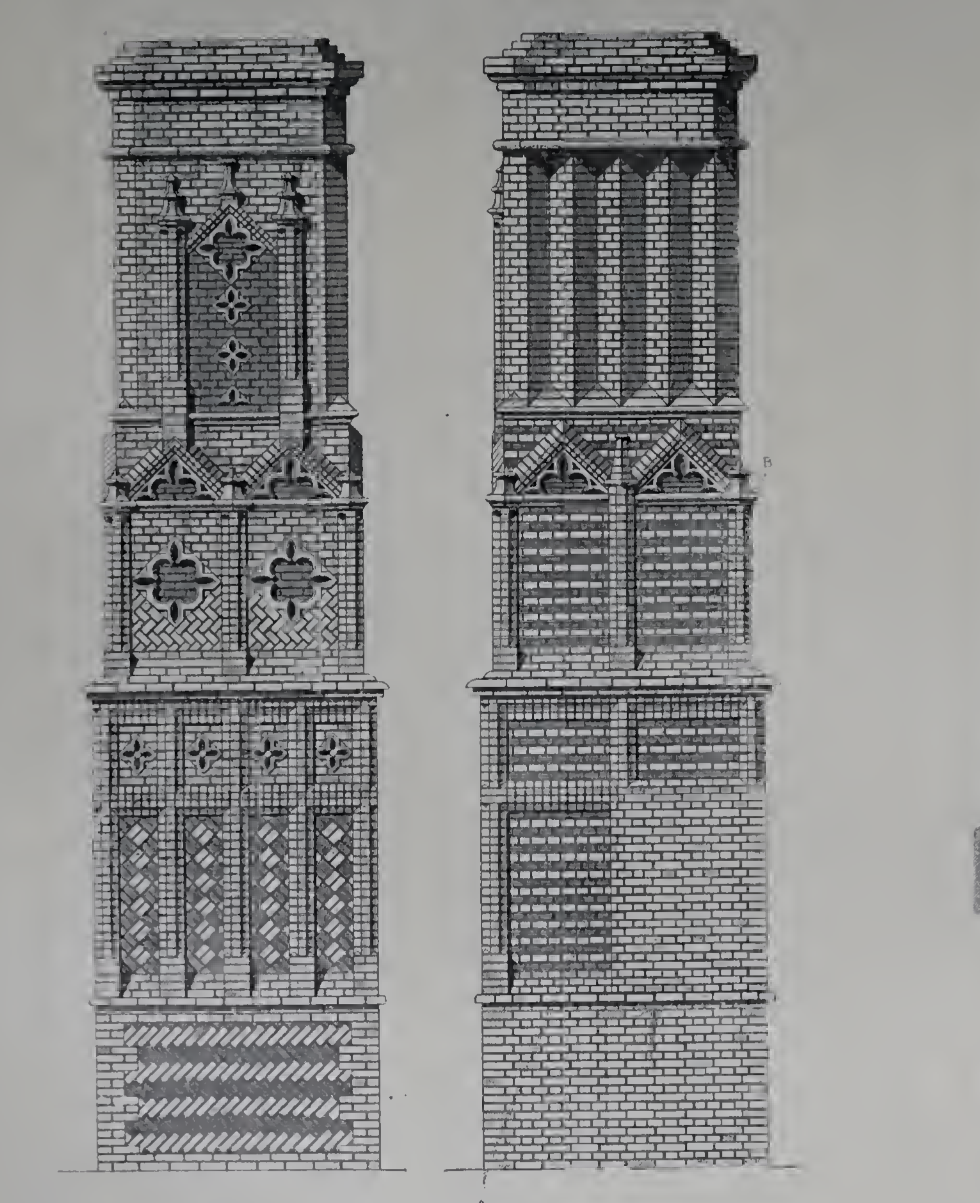
Die über den Dachflächen emporſteigenden Theile der Schornſteine mit ihren Kappen, Aufſätzen u. ſ. w. ſind häufig Gegenſtand reizvoller künſtleriſcher Ausſtattung, die ſowohl in Terracotta (Fig. 177 u. 178), als auch in Mauerwerk zur Ausführung kommen kann.

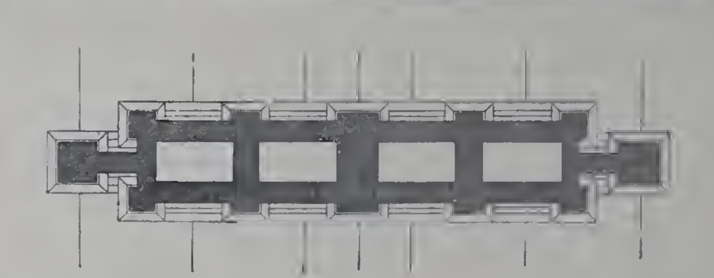
Eine reichere Ausſtattung findet insbeſondere bei Anwendung ſteiler Dächer ſtatt, welche ſelbſt bei geringer Entfernung des Beſchauers die Dachtraufe noch ſichtbar überragen und daher eine angemeſſene künſtleriſche Behandlung aller krönenden, gewiſſermaſsen den Hauptſchmuck des Werkes bildenden Theile beanſpruchen.

Neben den Giebeln und Lucarnen ſind gerade die Schornſteinköpfe für eine charakteriſtiſche, oft reich gegliederte und ornamentirte Geſtaltung geeignet; ſie fordern geradezu dazu heraus, wenn ſie in gröſserem Abſtande vom Firſt, nahe dem Hauptgeſimſe oder der Traufe, die Dachfläche durch-

Fig. 179.

Fig. 180.





Schornſteinkopf vom Schloſs zu Martainville.
XV. Jahrhundert.

Schornſteinkopf vom Schloſs zu *St. Germain-en-Laye.*
XVI. Jahrhundert.

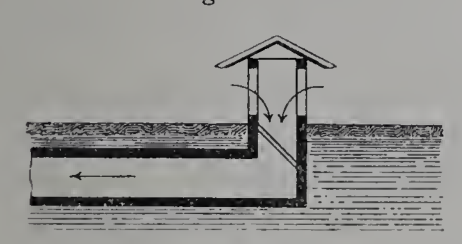
$^{1}/_{80}$ w. Gr.

(Facſ.-Repr. nach: SAUVAGEOT, C. *Palais, châteaux, hôtels et maiſons de France du XVe au XVIIIe ſiècle.* Paris 1867.)

dringen und in Folge ihrer beträchtlichen Höhe von Weitem in das Auge fallen. Mit Recht wird daher in neuerer Zeit, welche die hohen Dächer der Renaiffance-Zeit wieder zu Ehren gebracht hat, der Ausbildung der Schornfteinköpfe als geeignetes architektonifches Motiv die nöthige Aufmerkfamkeit zugewendet. Reizende Vorbilder hierfür bieten die Bauwerke der Früh-Renaiffance, insbefondere die Schlöffer und Paläfte Frankreichs aus der Zeit *Franz I.* und *Heinrich II.* (Vergl. die Beifpiele in Fig. 179 u. 180 auf der neben ftehenden Seite [159]).

Bei der Anordnung aller Schornfteinauffätze ift auch noch darauf zu achten, dafs, fobald die Reinigung des Schornfteines vom Dache aus vorgenommen werden foll, diefelbe durch die Auffätze nicht gehindert werden darf. Von der Reinigung der Schornfteine felbft und den dazu erforderlichen Einrichtungen wird im Folgenden (in Art. 255 u. 256, S. 232) noch die Rede fein.

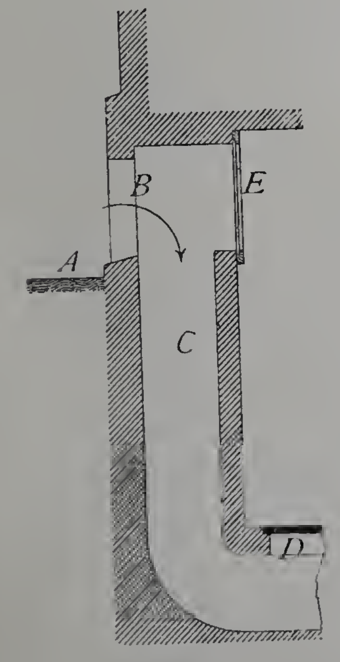
Fig. 181.



252. Abhalten des Staubes von den Luft-Canälen.

Das Eindringen von Staub in die Luft-Canäle kann zunächft durch gut gewählte Lage der Luft-Entnahmeftellen (vergl. Art. 176, S. 159) verhindert werden. Man errichtet an geeignetem Orte einen mehr oder weniger hohen Thurm (Fig. 181), welcher durch vergitterte Fenfter die frifche Luft eintreten läfft. Kann man diefen Thurm genügend weit von Gebäuden entfernt anlegen, fo dafs feine unmittelbare Umgebung unter dem mittleren Atmofphärendruck fteht, fo fchützt derfelbe, wenn dafür geforgt wird, dafs der Wind keine Saugwirkung hervorzubringen vermag, gleichzeitig gegen die ftörenden Einflüffe des Windes; im anderen Falle mufs man einen zweiten Thurm errichten, auf welchen die Einflüffe des Windes entgegengefetzte, als diejenigen, welchen der erfte Thurm ausgefetzt ift, find.

Fig. 182.



1/100 w. Gr.

Häufiger mufs man, örtlicher Umftände halber, die Luft-Entnahmeöffnungen in die Aufsenwände legen. Man benutzt hierzu nicht felten die Kellerfenfter-Oeffnungen. Fig. 182 ift ein lothrechter Schnitt einer derartigen Anordnung. *A* bezeichnet die Fläche des Bürgerfteiges oder des Hofes, *B* die vergitterte, nicht verglaste Kellerfenfter-Oeffnung, *C* den Canal, welcher die Luft in das Gebäude führt, *D* eine Thür zur Befichtigung und Reinigung des Canales, *E* das eigentliche Kellerfenfter.

253. Staubausfcheidung.

Bei Anwendung derartiger Entnahmeftellen ift die Luft felbftverftändlich reichlich mit Staub vermifcht; aber auch die beftgelegene Entnahmeftelle führt Staub in das zu lüftende Gebäude, wefshalb die künftliche Ausfcheidung deffelben bei befferen Anlagen regelmäfsig vorgefehen wird. Die betreffenden Einrichtungen, deren Wefen bereits in Art. 154 bis 159 (S. 144 bis 149) erörtert wurde, werden — je nach örtlichen Verhältniffen — der Luft-Eintrittsöffnung nahe gelegt oder in einiger Entfernung von derfelben dem Canalnetz eingefügt. Letzteres empfiehlt fich namentlich dann, wenn eine erheblichere Canalerweiterung (fiehe Art. 154, S. 144) vorhanden ift, in welcher der gröbere Staub fich ablagert.

254. Schutz gegen Ungeziefer.

Der Schutz der Canäle gegen das Hineingelangen des Ungeziefers wird durch metallene Gitter erreicht, welche dem abzuwehrenden Ungeziefer entfprechende

[159] Art. 250 u. 251: Grofsentheils Zufätze der Herausgeber.

Maschenweiten erhalten. Meistens betrachtet man als kleinstes abzuweisendes Thier die Maus, zumal wenn Filter vorhanden sind, welche Fliegen und dergl. zurückhalten.

255. Zugänglichkeit; Reinigung.

Die Zugänglichkeit der Luft-Canäle wird durch den örtlichen Verhältnissen anzupassende Klappen und Thüren erreicht, deren Besprechung überflüssig sein dürfte. Dagegen erfordern die Oeffnungen, welche zur Reinigung der Rauchschornsteine benutzt werden, noch einige Erörterungen. Die eisernen Rauchröhren der Lockschornsteine versieht man an ihrem unteren Ende mit zu öffnenden Erweiterungen, in welchen niederfallende Flugasche und Rufs sich zu sammeln vermögen, ohne den Querschnitt der Rauchwege zu stören. Der lothrechte Theil dieser Rauchröhren bedarf keiner Reinigung, da der an den Wänden anhaftende Rufs gelegentlich abfällt oder unter geeigneten Umständen verbrennt. Eine Gefahr kann aus dem Ausbrennen solcher in Lockschornsteinen aufgestellten eisernen Rauchröhren nicht entstehen. Die wagrechten und geneigten Rauchwege müssen jedoch durchweg, die lothrechten Schornsteine dann, wenn sie aus dünnwandigem Mauerwerk bestehen, regelmäfsig gereinigt werden, da in ersteren Flugasche und Rufs sich ablagern, in letzteren die Entzündung gröfserer Rufsmengen durch die entstehende hohe Temperatur für das Mauerwerk und seine Umgebung gefährlich werden kann.

256. Reinigungsöffnungen.

Da der Rufs schon in Folge geringer Bewegungen der Luft mit dieser sich mischt und durch sie auf weite Entfernungen getragen wird, so gilt als erste Regel, die Reinigungsöffnungen aller Rauchwege an solche Orte zu legen, die durch den aufgewirbelten Rufs nicht oder doch wenig geschädigt werden. Lothrechte Schornsteine, welche meistens mittels eines an eine Kugel gebundenen Besens gereinigt werden, erhalten hiernach eine Oeffnung im Kellergeschofs, und zwar möglichst in einem solchen Raume desselben, dem einiger Schmutz nicht schadet, z. B. dem Kohlenkeller, oder einem solchen, der verhältnifsmäfsig leicht zu reinigen ist, z. B. dem Kellervorplatz. Diese Oeffnung dient zum Entfernen des niedergestofsenen Rufses. In manchen Fällen dürfte es sich empfehlen, die Schornsteine in den Schmutzwasser-Canal münden zu lassen, so dafs der niederfallende Rufs vom Wasser fortgespült wird. Dabei ist jedoch nicht zu übersehen, dafs der Schornstein die Luft aus dem Canale ansaugt — was in einer Richtung allerdings sehr angenehm ist — wodurch eine Abkühlung des Rauches, also Schwächung des Zuges herbeigeführt wird. Eine zweite Oeffnung, welche zum Einbringen der Putzgeräthe und zum Lenken derselben dient, wird unter oder über dem Dach angebracht. Beide Oeffnungen sind selbstverständlich mit guten eisernen Verschlüssen versehen, die zweckmäfsig aus lothrechten Schiebern bestehen, welche sich nicht zufällig zu öffnen vermögen. Ist kein Kellergeschofs vorhanden, so ist man gezwungen, die unteren Reinigungsöffnungen im Erdgeschofs anzubringen; hier werden sie am zweckmäfsigsten in Vorräumen untergebracht. Die Höhenlage der unteren Reinigungsöffnungen soll eine solche sein, dafs man bequem zu denselben gelangen, auch den Rufs ohne Schwierigkeit in ein vorzuhaltendes Gefäfs schieben kann, um die Staubaufwirbelung möglichst zu mindern. Eine zweckmäfsige Gestaltung des unteren Randes der Reinigungsöffnung vermag in derselben Richtung günstig zu wirken. Weichen Theile der Schornsteine von der lothrechten Richtung ab, jedoch nicht um mehr als etwa 30 Grad, so hindern sie das erwähnte Reinigungsverfahren nicht, kommen also nicht weiter in Betracht. Flacher liegende Schornsteine, bezw. Rauchwege sind verschieden zu behandeln, je nachdem sie in ihrer Längenrichtung zugänglich gemacht werden können oder nicht. Im ersteren Falle kann man sehr lange, gerade Rauchwege durch eine Krücke reinigen,

mittels welcher der Rufs zurückgefchoben wird, fo dafs derfelbe fchliefslich in eine zu entleerende Vertiefung fällt. Ift man gezwungen, den Rufs heranzuziehen, fo darf der Canal, wegen der Biegfamkeit des Krückenftieles, mittels deffen man die Krücke zunächft über den Rufs hinwegheben mufs, felten länger als 4 m fein. Die in ihrer Längenrichtung nicht zugänglichen und die krummen Rauch-Canäle müffen mit 2 bis 3 m von einander entfernten Putzöffnungen verfehen fein, deren Geftalt das Einbringen eines Rohrftockes oder anderen biegfamen Stabes geftattet, durch welchen ein Befen oder eine Krücke zu bewegen ift. Kurze Rauchwege fäubert man mittels der geeignet bewaffneten Hand; man vermag vom Rande der Putzöffnung ab etwa 60 bis 80 cm weit zu reichen; die betreffenden Putzöffnungen werden etwa 12 cm weit gemacht.

257. Beobachtungen.

Behuf regelmäfsiger und ficherer Bedienung umfangreicherer Heizungs- und Lüftungs-Anlagen ift es erwünfcht, dem Wärter die Möglichkeit bequemer Beobachtung fowohl der Temperatur, als auch der Luftgefchwindigkeit innerhalb der Canäle zu geben. Die Temperaturen erkennt man leicht und ficher an Queckfilber-Thermometern, die entweder durch geeignete kleine Oeffnungen bei jeder einzelnen Beobachtung in die Canäle gefchoben werden oder in den Canalwänden fo befeftigt find, dafs ihre Kugel Seitens der Luft gut befpült wird und der Wärter den Queckfilberfaden gut erkennen kann. Die Luftgefchwindigkeit wird am zweckmäfsigften mit Hilfe fog. Anemofkope beobachtet. (Vergl. Art. 204 bis 206, S. 185 u. 186.)

e) Schieber, Klappen u. f. w.

258. Rauchschieber.

Aus den bisherigen Erörterungen geht zur Genüge hervor, dafs die forgfältigfte Bemeffung und Conftruction der Canäle und die vorfichtigfte Ueberwachung der Mittel, welche zur Bewegung der Luft benutzt werden, nicht im Stande find, den Betrieb ohne Weiteres zu allen Zeiten zu einem befriedigenden zu machen. Man mufs vielmehr die Anlage fo einrichten, dafs fie unter den ungünftigften Verhältniffen die geforderte Luftmenge oder die zu befeitigende Rauchmenge fördert, und dann Vorrichtungen einfchalten, mit Hilfe deren man nach Willkür gröfsere Bewegungshinderniffe hervorzubringen vermag, um hierdurch die Leiftungsfähigkeit den Verhältniffen entfprechend herabzudrücken.

Diefe Vorrichtungen find Schieber, Klappen und Ventile.

Der gewöhnliche Rauchfchieber befteht aus dem eigentlichen, in Rückficht auf das Verroften durch den fchweflige Säure enthaltenden Rauch aus Gufseifen hergeftellten Schieber *A* (Fig. 183), dem ebenfalls gegoffenen, gefalzten Rahmenftück *B* und dem mit letzterem vernieteten Deckelftück *C*. Das Ganze ift im Rauchcanal vermauert. Der Schieber hängt an einer Kette *D*, die über Rollen *E* gelegt ift und an einem Ende ein Gegengewicht *F* trägt. Die auftretenden Reibungswiderftände halten den Schieber in jeder Lage, welche man ihm gegeben, feft.

259. Luftschieber.

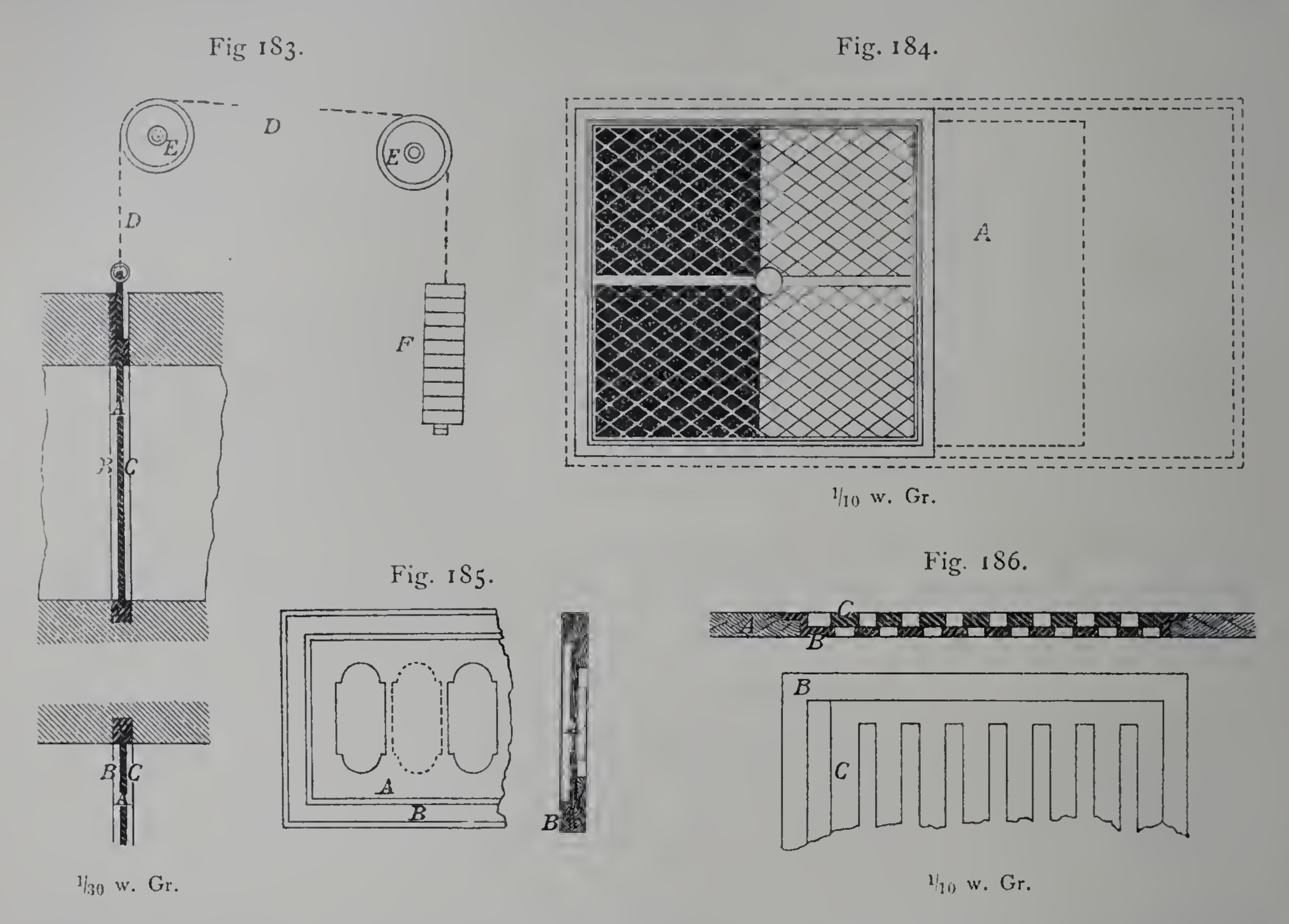
Aehnliche Schieber werden aus Gufseifen, Blech, Holz verfertigt und, mit verzierten Rahmen verfehen, vor die in den Zimmern liegenden Canalmündungen gelegt und dienen dort zu beliebiger Verengung des Querfchnittes.

Häufiger wird für diefen Zweck der durch Fig. 184 wiedergegebene Schieber verwendet.

Die viereckige Canalmündung ift vergittert; hinter dem Gitter ift der eigentliche Schieber *A* mit Hilfe eines Knopfes, der fich in einem Schlitz der Vergitterung zu bewegen vermag, verfchiebbar. Die nach rechts — in Bezug auf unfere Figur — gefchobene Platte verbirgt fich in einem Blechkaften, welcher in die Oberfläche der Wand verfenkt ift, fo dafs der Wandfchmuck über denfelben hinweggeht.

Auch der Schieber, welchen Fig. 185 in theilweifer Anficht und lothrechtem Schnitt darftellt, ift manchen Ortes beliebt.

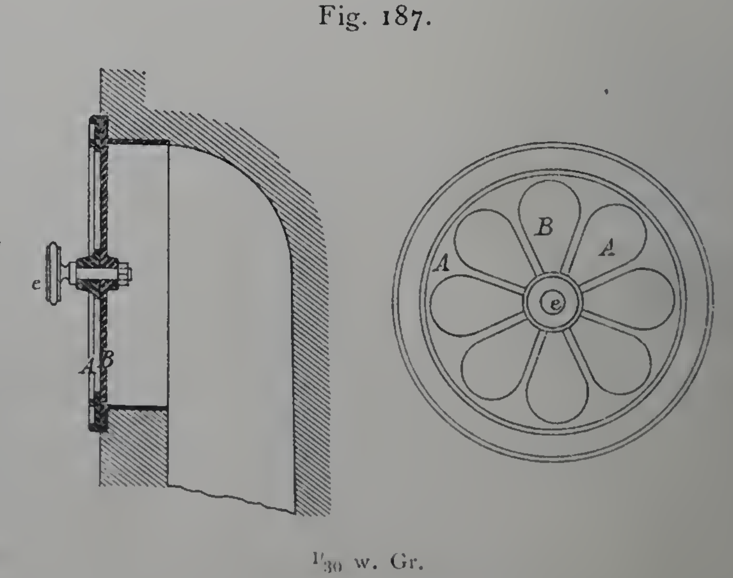
Eine Platte mit Rahmen enthält eine Zahl lothrechter Schlitze, welche etwas fchmaler find, als die zwifchen ihnen bleibenden Stege. Vor diefer Platte vermag man die Platte *A*, die in Nuthen des Rahmens *B* geführt wird und die eben fo gefchlitzt ift, wie die erfte Platte, zu verfchieben. Treffen die Schlitze



vollftändig auf einander, fo ift der gröfste Durchgangsquerfchnitt, alfo die geringfte Behinderung des Luftftromes vorhanden; deckt aber je ein Steg einen Schlitz der anderen Platte, fo ift der Querfchnitt vollftändig abgefchloffen.

Fig. 186 zeigt in lothrechtem Schnitt und Grundrifs denfelben Gedanken für einen Schieber durchgeführt, der über einen im Fufsboden mündenden Canal gelegt ift.

A bezeichnet den Fufsboden; in diefen ift eine gufseiferne gefchlitzte Platte *B* mit Hilfe eines ringsum laufenden Randes gelegt. Die Vertiefung der Platte dient zur Aufnahme des gefchlitzten Schiebers *C*, fo dafs deffen Oberfläche mit derjenigen des Fufsbodens zufammenfällt. Die Einftellung des beweglichen Theiles *C* erfolgt mit Hilfe des Fufses. Der Schieber kann natürlich nur an folchen Stellen des Fufsbodens angebracht werden, welche nicht für den Verkehr dienen. Als Mangel, der allen im Fufsboden liegenden Mündungen eigen ift, mufs noch hervorgehoben werden, dafs der Schieber die das Zimmer reinigenden Mägde verfucht, den Kehricht ohne Weiteres durch die Spalten des Schiebers zu befördern.



Eine fernere Abart des durch Fig. 185 verfinnlichten Schiebers zeigt Fig. 187 in lothrechtem Schnitt und in der Anficht.

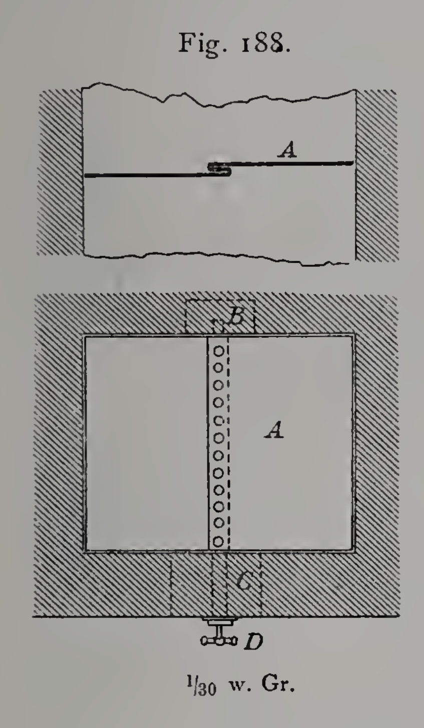
Hier ist die Canalmündung mit einer kreisförmigen, durchbrochenen Platte *A* geschlossen, in deren Mitte sich der Zapfen mit Knopf *c* drehen lässt, welcher eine drehbare, eben so wie *A* durchbrochene Platte *B* trägt. Die Einstellung erfolgt mit Hilfe des Knopfes *c*. Man legt auch die drehbare Platte vor die feste und kann alsdann auf ersterer zwei Knöpfe anbringen, die behuf des Einstellens unmittelbar mit den Fingern ergriffen werden, oder, wenn der Schieber eine höhere Lage im Zimmer hat, mit je einer herabhängenden Schnur versehen sind.

Die Schieber Fig. 185 u. 187 haben das Angenehme, dass sie keiner Vergitterung behuf Verdeckung der an sich wenig schönen Canalöffnung bedürfen; in einiger Grösse hergestellt, nehmen sie jedoch viel Raum ein und sind schwer zu bewegen.

260. Drosselklappen.

Sehr bequem ist die sog. Drosselklappe (Fig. 188); dieselbe ist leicht zu bewegen und behält die ihr angewiesene Stellung ohne Weiteres bei.

Fig. 188.



1/30 w. Gr.

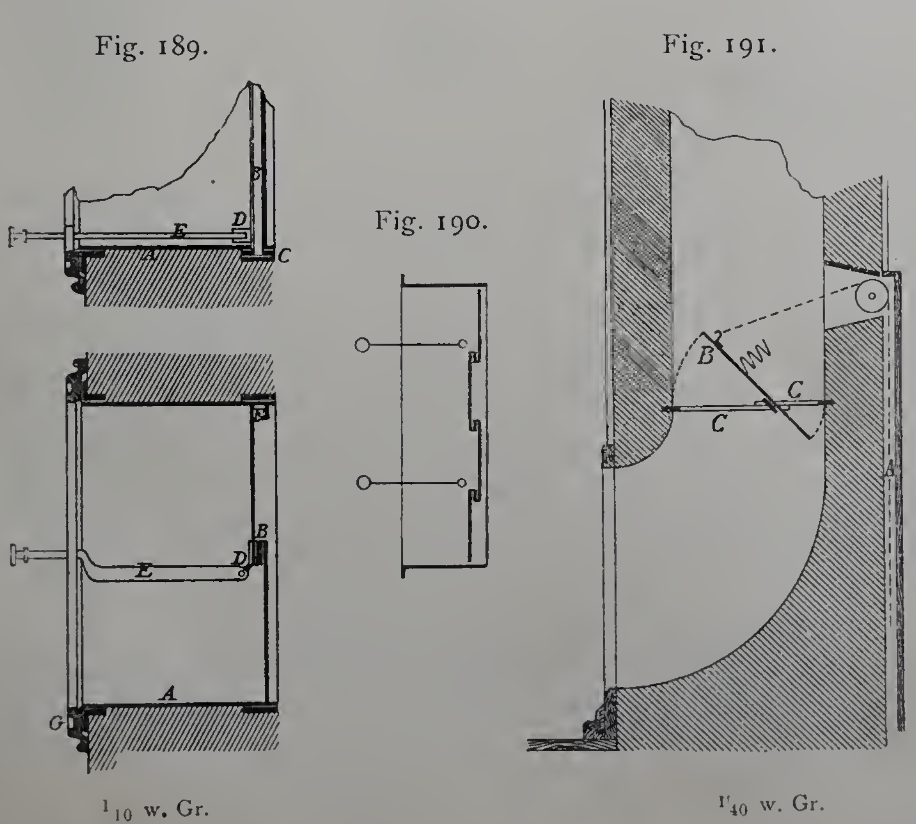
Die hier gezeichnete Klappe ist für einen lothrechten Canal bestimmt. In eine Wand desselben ist eine gusseiserne Platte *B* mit Zapfenlager, in die dieser gegenüber liegende Wand die Platte *C*, welche ebenfalls ein Zapfenlager für die Klappe *A* enthält, eingemauert. Die Klappe selbst ist aus zwei Blechplatten, die auf einen Flacheisenstab genietet sind, gebildet; die runden Enden des Flacheisens vermögen sich in den genannten Lagern zu drehen. An der Aussenseite ist ein Griff *D* angebracht, mit Hilfe dessen die Drehung der Klappe stattfindet und an dessen Stellung diejenige der Klappe erkennbar ist.

Zuweilen verbindet man die beiden Lagerstücke *B* und *C* mittels eines Rahmens, um leichter eine genaue gegenseitige Lage der Zapfenlager zu gewinnen, bildet auch wohl das Ganze so aus, dass Rahmen mit Klappe behuf einer Ausbesserung frei herausgezogen werden können. Liegen derartige Klappen in wagrechten Canälen unter einem Fussboden, oder will man verhindern, dass jede beliebige Person die Klappenstellung zu verändern vermag, so lässt man die Drehachse nur bis zur Oberfläche des Fussbodens, bezw. Vorderfläche der Wand vorspringen und gestaltet das betreffende Achsenende so, dass man einen hohlen Schlüssel auf dasselbe stecken kann.

Eine in die Canalmündung zu legende Klappe versinnlicht Fig. 189.

In erstere ist ein mit Winkeleisen-, bezw. Flacheisenringen versteifter Blechkasten *A* gesteckt. Das Blech und der Flacheisenring sind unten und oben, und zwar in der Mitte, so durchbohrt, dass die Welle *B* der Klappe geeignete Lagerung in den Bohrungen findet. Zu diesem Ende ist unter die untere Durchbohrung noch ein Plättchen *C* genietet, welches die Welle *B* in lothrechter Richtung stützt. An der Klappe ist ein kurzer, mit der Zugstange *E* verbundener Hebel *D* genietet, so dass man durch geeigneten Druck auf den Knopf der Stange *E* die gewünschte Stellung der Klappe hervorbringen kann. Aus dem Stande des Knopfes vermag man, sogar aus einiger Entfernung, die Stellung der Klappe zu erkennen; bei vollständigem Schluss stösst die Klappe gegen das Zäpfchen *F*, bei vollständigem Oeffnen gegen die Stange *E*. Gegen die Winkeleisenversteifung ist ein verzierter Rahmen *G* ge-

Fig. 189. Fig. 190. Fig. 191.



1/10 w. Gr. 1/40 w. Gr.

fchraubt, der einerfeits eine Führung für die Stange *E* gewährt, andererfeits mittels eines Falzes die Vergitterung feft hält. Bei grofsen Mündungsweiten erfordert diefe Klappe eine ziemlich dicke Canalwand; man kann in diefem Falle die Anordnung doppelt (nach Fig. 190) oder auch mehrfach machen.

Fig. 191 ftellt eine Droffelklappe dar, welche von einem tiefer liegenden Raume aus, mittels der Kette oder Schnur *A*, bewegt werden foll. Die Zapfen der Klappe find aufserhalb der Mittellinie derfelben angebracht, damit die Klappe durch ihr eigenes Gewicht fich fchliefst, fobald die Kette *A* dies zuläfft.

In der höchften (lothrechten) Stellung der Klappe würde das erforderliche Uebergewicht nicht vorhanden fein, wefshalb man eine Schraubenfeder auf die Klappe gefetzt hat, welche fich in erwähnter Stellung gegen die Canalwand ftemmt und nach Lockerung der Kette *A* die Klappe zum Kippen veranlafft. Die Zapfen der Klappe drehen fich in zwei Lagern, die durch Uebereinandernieten der beiden U-förmigen Bügel *C*, *C* gebildet find; letztere erhalten hierdurch eine folche Lage, dafs die Ränder der Klappe fich auf die Ränder des aus den Bügeln gebildeten Rahmens legen und fo einen verhältnifsmäfsig guten Schlufs bilden.

Fig. 192.

Fig. 193.

Fig. 194.

Fig. 195.

1/30 w. Gr.

1/10 w. Gr.

261.
Sonftige
Klappen.

Fig. 192 ftellt eine eigenthümliche Klappeneinrichtung in lothrechtem und wagrechtem Schnitt dar, welche in vielen Fällen gut zu verwenden ift.

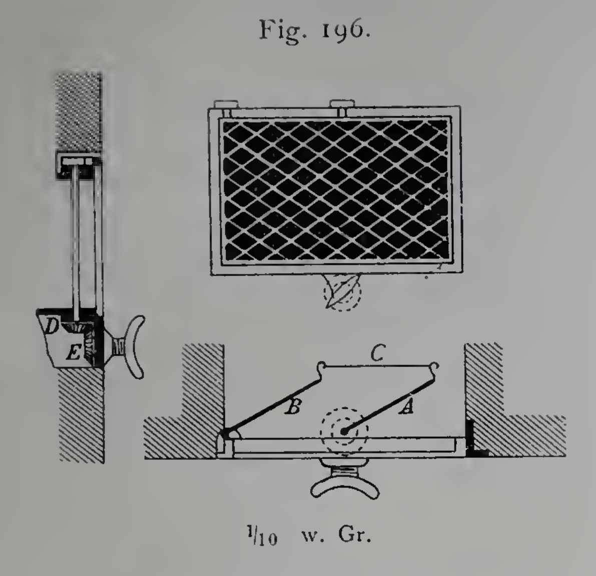
In der Mitte des Rahmens *A*, welcher eine Vergitterung und beliebige Ausfchmückung erhalten kann, ift eine lothrechte Spindel befeftigt. In deren Mitte befindet fich ein wagrechter Stift, auf dem der Griff *B* nebft einem Kegelrädchen drehbar aufgefteckt ift. Das erwähnte Kegelrädchen fteht nun mit zwei anderen, um die lothrechte Stange drehbaren Kegelrädchen im Eingriff, von denen das eine mit der Klappe *C*, das andere mit der Klappenhälfte *D* verbunden ift. Durch Drehen des Griffes *B* wird die Klappenhälfte *D* nach der einen, die Hälfte *C* nach der anderen Richtung gedreht, fo dafs ein Freilegen oder Schliefsen der Canalmündung erfolgt.

Fig. 193 (wagrechter Schnitt) und Fig. 194 (lothrechter Schnitt) ftellen Klappenanordnungen dar, welche nicht durch ein Gitter verdeckt werden follen.

Die einzelnen, aus Blech, geftanztem oder verziertem Gufseifen gebildeten Klappen *A* in Fig. 193 haben in der Mitte, unten wie oben, Zapfen, welche in Lagern fich drehen können, die durch Ausfparungen der zufammengefchraubten Rahmentheile *B* und *C* gebildet find. Sie find mittels der gemeinfchaftlichen Stange *D* durch Gelenke mit einander verbunden. Vorfprünge der Stange *D* einerfeits und Nafen der Rahmen *C* andererfeits werden, behuf Einftellung der Klappen, zwifchen Daumen und Zeigefinger genommen.

Bei der Klappenanordnung in Fig. 195 hängen die einzelnen Klappen ebenfalls zufammen; fie drehen fich aber um Zapfen, welche an zwei gleich liegenden Ecken angebracht find, fo dafs fie felbftthätig niederfallen, fobald fie hieran nicht gehindert werden. Mittels einer Schnur, die durch einen Glasring geführt ift, und welche auf irgend eine Weife an der Wand befeftigt wird, vermag man die Klappen beliebig zu öffnen.

Fig. 196.



$^1/_{10}$ w. Gr.

In Fig. 194 fieht man eine ganz ähnliche Einrichtung abgebildet, bei welcher die Klappen durch ein Gitter verdeckt find und defshalb mit einer der Klappen ein Hebel verbunden wurde, um diefe und, vermöge des Zufammenhanges derfelben mit den übrigen, fämmtliche Klappen zu öffnen.

Endlich ift die Einrichtung, welche Fig. 196 in lothrechtem und wagrechtem Schnitt, fo wie in der Vorderanficht verfinnlicht, mit der vorigen verwandt.

Am unteren Zapfen der Klappe *A* befindet fich, unterhalb des Rahmens, ein Kegelrädchen *D*, welches mit dem durch einen Handgriff drehbaren Kegelrädchen *E* im Eingriff fteht. Mit *A* ift die Klappe *B* vermöge des Stängelchens *C* verbunden. Befindet fich die Klappe in der Nähe des Fufsbodens, fo wird man den Antrieb felbftverftändlich nach oben legen.

Es mag hier noch eine Klappe kurz befchrieben werden, die fich dadurch vor den bisher befprochenen auszeichnet, dafs fie einen dichteren Abfchlufs gewährt.

Fig. 197 ift ein lothrechter Schnitt derfelben. Der Kaften *A* ift im Mauerwerk befeftigt; derfelbe trägt einerfeits den Klappenfitz *B*, andererfeits die theils zum Fefthalten des Gitters *D*, theils zur Verzierung dienende Umrahmung *C*. Am oberen Rande des Klappenfitzes *B* ift mit Hilfe zweier Gelenke die

Fig. 197.

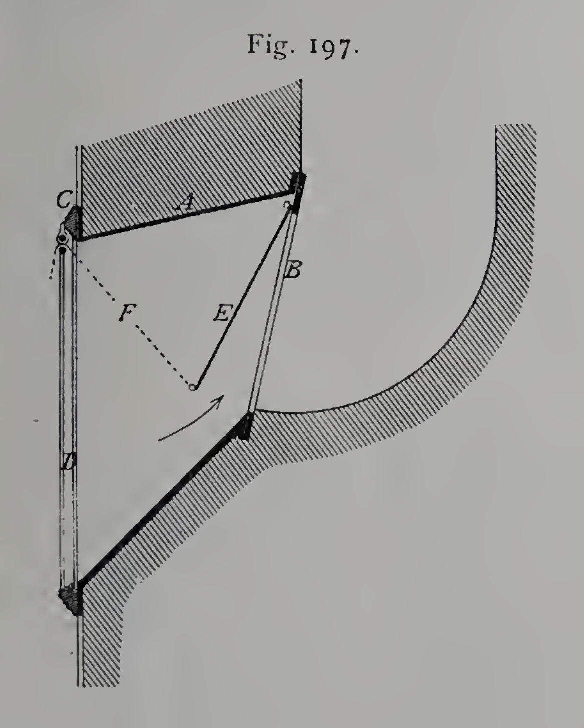
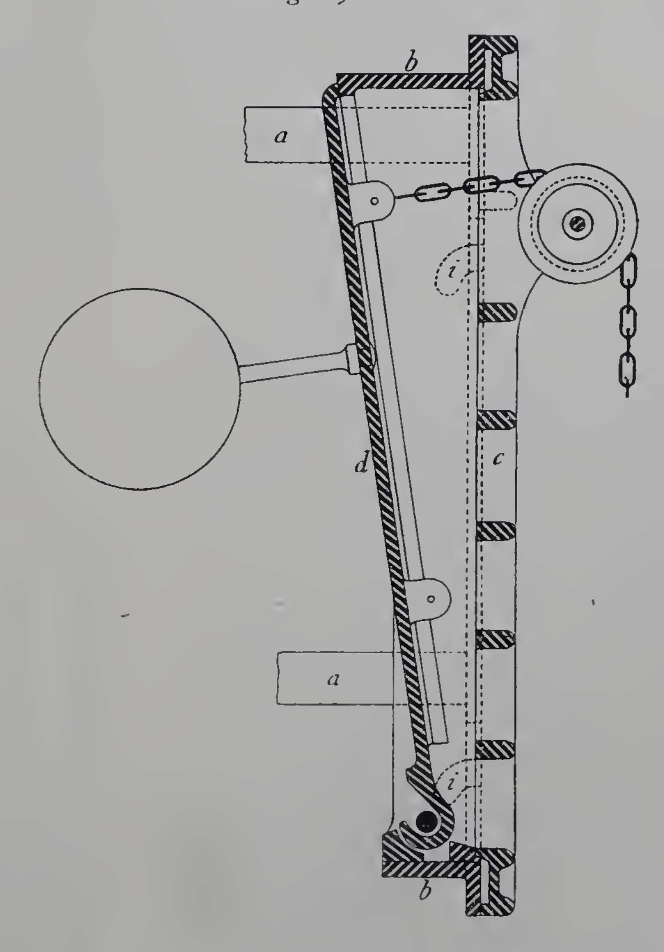


Fig. 198.



Klappe *E* aufgehängt, welche fich felbftthätig auf ihren Sitz legt, fobald es die Spannung der Schnur *F* geftattet. Die Schnur ift durch einen Glasring geführt, um die Ablenkung derfelben in die lothrechte Richtung ohne fehr grofse Reibung zu geftatten. Die vorliegende Klappe dient für eine obere Abzugsöffnung; fie ift offenbar leicht in diejenige Geftalt zu bringen, welche fie befähigt, als untere Abzugsklappe zu dienen. Bemerkenswerth ift noch, dafs die Klappe nur etwa halb fo grofs ift, als das Gitter. Dies ift berechtigt, weil der freie Querfchnitt des Gitterrahmens durch das Gitter theilweife (zuweilen mehr als zur Hälfte) verdeckt wird.

Man legt, in Rückficht auf möglicher Weife nothwendig werdende Ausbefferungsarbeit, auf die Zugänglichkeit der betreffenden Theile Werth. Die durch Fig. 198 in lothrechtem Schnitt abgebildete Klappe ift in diefer Richtung recht hübfch ausgebildet.

Der guſseiſerne Rahmen *b* iſt mittels der Anker *a* im Mauerwerk befeſtigt. Im Rande dieſes Rahmens ſind 4 Oeffnungen ausgeſpart, in welche die Haken *i* des guſseiſernen Gitters *c* greifen, ſo daſs letzteres gut feſt gehalten wird, aber auch bequem abgenommen werden kann. Die eigentliche, beim Schlieſsen gegen den Rahmen *b* ſich legende Klappe *d* dreht ſich um einen feſten Stift, kann aber in entſprechender Lage ohne Umſtände von dieſem abgehoben werden. Wird die Klappe in der gezeichneten Lage benutzt, ſo würde ſie vom Stift abgleiten, wenn nicht die im Querſchnitt angegebenen Leiſten ſie daran hinderten. Das Schlieſsen der Klappe wird durch eine an ihr befeſtigte Schnur oder Kette, das Oeffnen — nach dem Loslaſſen der Kette — durch ein Gewicht herbeigeführt.

Theils um die Klappen dichter ſchlieſsen zu machen, als durch einfaches Aufeinanderlegen der Metallflächen zu erreichen iſt, theils um das Geräuſch zu mindern, welches bei dem Aufſchlagen der Klappenränder entſteht, belegt man dieſe oder die Ränder des Rahmens häufig mit Filz. Letzterer wird aufgekittet, aufgenietet oder aufgeſchraubt. Letztere beiden Befeſtigungsweiſen verlangen tiefes Einſenken der Niet-, bezw. Schraubenköpfe in den Filz.

Fig. 199.

1/30 w. Gr.

262. Ventile.

Das Ventil in Fig. 199 iſt ſowohl als Austritts-, wie auch als Eintritts-Verſchluſsſtück recht brauchbar und zeichnet ſich durch groſse Dichtheit aus. In das Querſtück *A* iſt eine Schraubenſpindel *B* genietet, zu welcher die Mutter des Deckels *C* paſſt. Durch Drehen des Deckels findet die Einſtellung des Ventiles ſtatt.

263. Geſammtanordnung.

Fig. 200 zeigt ſchematiſch die Klappenanordnung, ſo fern man einen Raum *B* von der Heizkammer *A* aus beheizen, von dem Canal *C* aus mit friſcher Luft verſorgen — ein Flügelgebläſe drückt die Luft in den Canal *C* — und die gebrauchte Luft nach oben abſtrömen laſſen will.

Zunächſt befindet ſich bei *D* eine Droſſelklappe, welche mehr oder weniger geöffnet wird, je nachdem man eine gröſsere oder geringere Luftmenge zuführen will. Bei *E* befindet ſich die Miſchklappe; legt man, nach Löſen der zugehörigen Kette, die eigentliche Klappe ganz nach links, ſo iſt die geſammte Luft, welche durch *D* einſtrömt, gezwungen, durch die Heizkammer zu gehen; bewegt man dagegen die eigentliche Klappe ganz nach rechts, ſo iſt der Weg durch die Heizkammer *A* der Luft verſperrt, dagegen der lothrecht aufſteigende Canal frei, ſo daſs die Luft, ohne vorher erwärmt zu werden, in den Raum *B* gelangt. Das Abſtrömen der Luft kann von einer höher gelegenen Stelle des Raumes, nach Oeffnen der oberen Klappe *F*, erfolgen; in der Regel ſoll dagegen, aus früher genannten Gründen, die Luft möglichſt nahe über dem Fuſsboden abgeführt werden, alſo durch die Oeffnung *G*. Die Luft ſoll nun entweder nach oben in das Freie geführt oder, behuf wiederholter Erwärmung (Umlaufheizung), der Heizkammer wieder zugeleitet werden. Zu dieſem Ende befindet ſich bei *G* die ſog. Wechſelklappe. Die

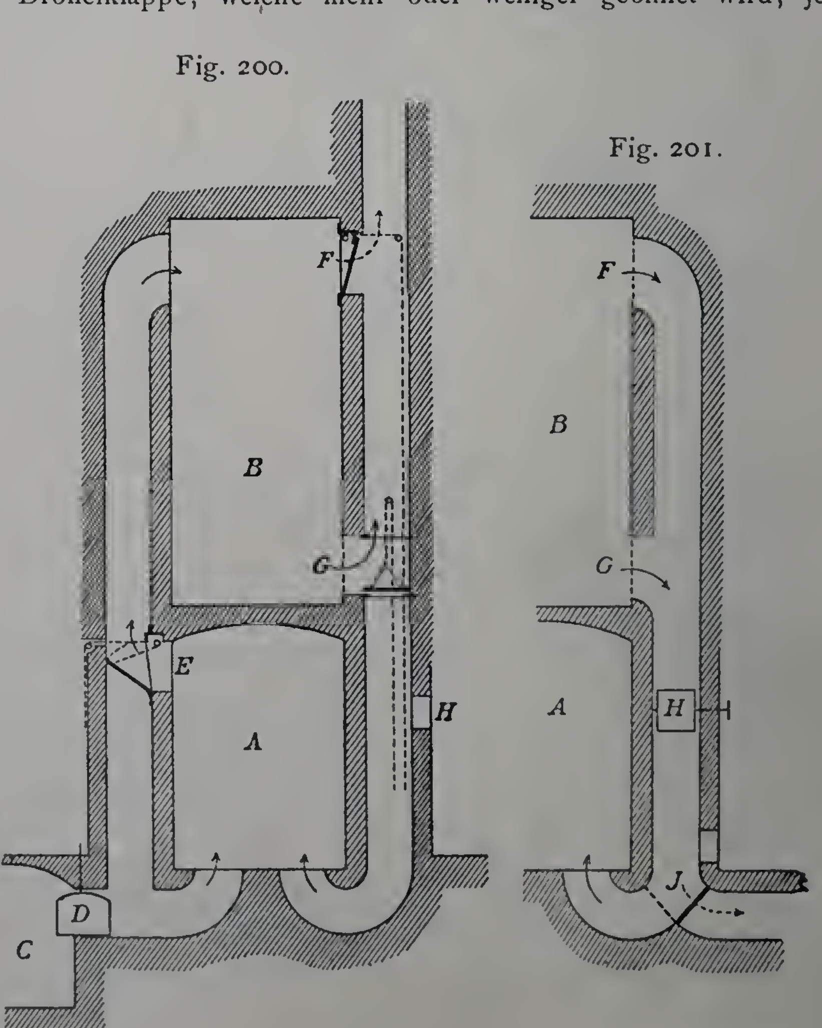


Fig. 200.

Fig. 201.

wagrechte Platte derfelben kann entweder auf einen Sitz unter oder einen folchen über *G* gelegt werden, fo dafs entweder der Weg nach unten oder der nach oben abgefperrt wird. Die in der Figur links liegenden Klappen find ohne Weiteres vom Kellergefchofs aus zu bedienen; die rechts liegenden Klappen werden durch Schnüre oder Ketten bewegt, welche im rechts liegenden Canale fich befinden und, unter Vermittelung der Oeffnung *H*, im Kellergefchofs ergriffen werden können. Eine Regelung der Abftrömungsgefchwindigkeit ift nur möglich, indem man unmittelbar hinter dem Gitter *G* eine der Klappen anbringt, die früher befchrieben wurden.

Soll die Heizung und Luft-Zuführung fo fein, wie foeben angegeben, dagegen die Luft-Abführung nach unten erfolgen, fo ift die betreffende Klappenanordnung nach Fig. 201 einzurichten. Bei *F* ift keine Klappe nöthig, da, wenn der Widerftand bei *G* ein entfprechend niedriger ift, die im oberen Theile des Raumes befindliche wärmere und leichtere Luft keine Veranlaffung hat, nach unten abzufliefsen. Bei *G* bringt man eine paffende der früher befchriebenen Klappen an, um die Oeffnung *G* vom Raume aus zu fchliefsen, fobald deffen zu grofse Erwärmung das Abführen der wärmften, oberften Luftfchichten wünfchenswerth erfcheinen läfft. Bei *H* befindet fich eine Droffelklappe zu beliebiger Verengung des Querfchnittes, um die Abflufsmenge der Luft zu regeln, endlich bei *J* die Wechfelklappe, welche geftattet, entweder den Weg nach der Heizkammer oder denjenigen nach dem Abführungsfchacht zu fperren; beide Klappen werden im Kellergefchofs unmittelbar mit der Hand eingeftellt.

Die durch Fig. 200 u. 201 dargeftellten Anordnungen leiden an der Schwäche, dafs — da man die Canalquerfchnitte für die Umlaufheizung bemeffen mufs — die Canäle für die Lüftungsheizung viel zu grofs ausfallen, wodurch die befriedigende Regelung erfchwert wird.

264.
Wechfelklappen.

Wechfelklappen werden häufig gebraucht, um der Heizkammer oder dem Ofen entweder frifche Luft oder Zimmerluft zuzuführen.

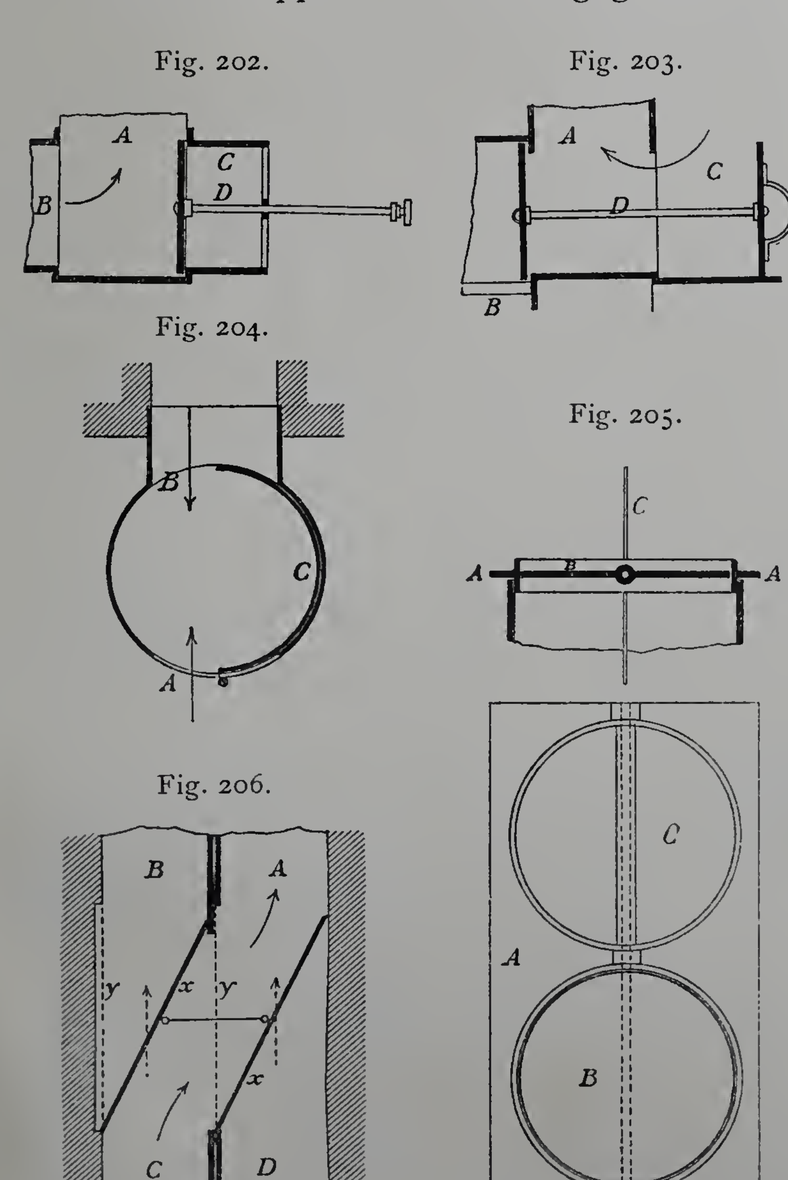


Fig. 202. Fig. 203. Fig. 204. Fig. 205. Fig. 206.

1/40 w. Gr.

In Fig. 202 u. 203 fteht *A* mit dem Ofen, *B* mit dem Frifchluft-Canal, *C* mit dem zu beheizenden Zimmer in Verbindung. Je nachdem man die eine, bezw. die beiden mittels der Stange *D* verbundenen Platten nach der einen oder anderen Seite fchiebt, verlegt man den einen Weg, während der andere geöffnet wird. Auch ift es möglich, mit Hilfe diefer Klappen theilweife frifche, theilweife bereits benutzte Luft zum Ofen, bezw. Zimmer gelangen zu laffen, indem man den Platten eine mittlere Stellung giebt.

Daffelbe erreicht man mittels der doppelten Droffelklappe Fig. 204. In der Platte *A* befinden fich hinter einander, an einer und derfelben Spindel fteckend, die Droffelklappen *B* und *C*, die fo gegen einander geftellt find, dafs die eine ihre Oeffnung fchliefst, fobald die andere die ihrige möglichft frei hält.

Eben fo fchliefst der Bogenfchieber *C* (Fig. 205) eines Ofenmantels die Oeffnung *A*, welche nach dem Zimmer zu gerichtet ift, fobald die mit dem Freien in Verbindung ftehende Oeffnung *B* geöffnet wird, und umgekehrt. In mehreren Berliner Schulen find die obere und untere Luft-Abzugsöffnung mit lothrecht beweglichen Schiebern verfehen, die mittels einer Stange

mit einander verbunden find. Senkt man beide Schieber, fo wird die obere Oeffnung frei gelegt, während die untere gefchloffen wird und umgekehrt. Diefelbe Anordnung findet man dort auch als Mifchklappe verwendet.

Endlich verfinnlicht Fig. 206 eine doppelte Wechfelklappe, welche ich häufig angewendet habe.

Der Canal *C* mündet unmittelbar über dem Fufsboden des Zimmers; der Canal *D* fteht mit dem Frifchluft-Canal in Verbindung; der Canal *A* führt die Luft in die Heizkammer oder zu einem ummantelten Ofen, der Canal *B* aber zu einem Abzugsfchlot. Eine der Klappenachfen ift mit einem Griff und einer Vorrichtung verfehen, welche die Klappen in der ihnen gegebenen Lage feft hält; die Klappen felbft find mit einer Stange verbunden, fo dafs fie nur gemeinfchaftlich geftellt werden können. Wählt man die Stellung *x*, fo wird dem Heizkörper Zimmerluft zugeführt, während fowohl die Luft-Zuftrömung, als auch die Luft-Abftrömung verlegt ift; wählt man die punktirte Stellung *y*, fo wird Zimmerluft in das Freie geführt, während frifche Luft zum Ofen gelangt. Diefe Klappe ift, wie ich felbft erfahren habe, für verfchiedenartige Fälle fehr gut verwendbar.

Aufser den vorgeführten Schieber-, Klappen- u. f. w. Anordnungen giebt es noch eine grofse Zahl anderweitiger Einrichtungen, die indefs, um den Rahmen des vorliegenden »Handbuches« nicht zu überfchreiten, übergangen werden mögen.

---

9. Kapitel.

Röhrenleitungen für Waffer und Dampf.

a) Abmeffungen.

265.
Dampfröhren.

Die nöthigen Grundlagen für die genaue Berechnung der Dampfröhren find in Art. 186 (S. 165 bis 171) gegeben. Für die meiften Fälle ift die in Art. 186 (S. 169 bis 171) angegebene weniger genaue Rechnung zuläffig.

Man geht vom verfügbaren Druckunterfchied innerhalb der Dampfleitung aus, vom Dampferzeuger bis zum Heizkörper. Bei Niederdruck-Dampfheizungen (fiehe weiter unten) beträgt derfelbe vielfach nur 1000 mm Wafferfäule oder 1000 kg für 1 qm Querfchnitt, zuweilen fogar noch weniger. Soll die Heizungs-Anlage mit höher gefpanntem Dampf arbeiten und wird das gebildete Niederfchlagswaffer durch eine Kolben- oder Strahlpumpe in den Dampfentwickler zurückgeführt, fo ift natürlich ein fehr grofser Druckunterfchied verfügbar, da es in der Regel keinen Werth hat, in den Heizkörpern erheblich höheren Druck, als den der freien Atmofphäre, entftehen zu laffen.

Den verfügbaren Druckunterfchied vertheilt man nun — ähnlich wie in Art. 43 (S. 42) bei Berechnung der Gasleitungen — auf die durch örtliche Verhältniffe gegebene gefammte Länge der Leitung, bezw. beftimmt, welcher Druckverluft in jedem Meter derfelben zuläffig ift, unter Berückfichtigung etwaiger Ablenkungen, Ventile u. dergl.

Der zweite Ausgangspunkt ift die zu fördernde Dampfmenge. Sie ift dem Gewichte nach aus dem Wärmeerfordernifs bekannt. Man beftimmt die Raummenge nach der mittleren Spannung; die neben ftehende Tabelle gewährt hierfür den nöthigen Anhalt.

Die Dampfmenge *V* (in Kilogr.), welche ftündlich in der Leitung durch Wärmeverlufte verloren geht, wird zunächft gefchätzt, eben fo die Röhrenweite *d* (in Centim.), fo dafs man nach Gleichung 108 (S. 170), welcher die andere Geftalt

Ueber-druck	Tem-peratur	Ver-dampfungs-wärme w	γ = Ge-wicht von 1 cbm	$\frac{1}{\gamma}$	Ueber-druck	Tem-peratur	Ver-dampfungs-wärme w	γ = Ge-wicht von 1 cbm	$\frac{1}{\gamma}$
0	100	537	0,58	1,72	10000	120	522	1,12	0,89
500	101	536	0,61	1,64	12000	123	520	1,22	0,82
1000	102	535	0,64	1,56	14000	125	518	1,32	0,76
1500	103	534	0,67	1,50	16000	128	517	1,43	0,70
2000	104	533	0,69	1,44	18000	130	515	1,53	0,65
2500	106	533	0,72	1,39	20000	133	513	1,63	0,61
3000	107	532	0,74	1,35	25000	138	509	1,89	0,53
4000	109	530	0,80	1,25	30000	143	506	2,14	0,47
5000	111	529	0,85	1,18	35000	147	503	2,39	0,42
6000	113	527	0,90	1,11	40000	151	500	2,64	0,38
7000	115	526	0,96	1,04	45000	155	497	2,89	0,35
8000	116	525	1,01	0,99	50000	158	495	3,13	0,32
9000	118	524	1,06	0,94					
Kilogr. für 1 qm	Grad C.	Wärme-einheiten	Kilogr.	Cub.-Met. für 1 kg	Kilogr. für 1 qm	Grad C.	Wärme-einheiten	Kilogr.	Cub.-Met. für 1 kg

$$d = \sqrt[5]{\frac{1{,}9\, l + 0{,}8\, d\, \Sigma \xi}{\gamma\, (p_1 - p_2)} \left(Q + \frac{V}{2}\right)^2} \quad \ldots\ldots \quad 149.$$

gegeben wird, die erforderliche Röhrenweite berechnen kann.

Die vorherige Schätzung des d für das zweite Glied des erften Klammerausdruckes in Gleichung 149 ift unbedenklich, weil felbft ein erheblicher Irrthum das Rechnungsergebnifs nur wenig beeinflufst, derfelbe überdies fofort, durch Vergleichen des gefchätzten mit dem berechneten d, erkannt wird.

Das Glied $0{,}8\, d\, \Sigma\, \xi$ ift immer kleiner, als $1{,}9\, l$; in Ausnahmefällen kann erfteres dem letzteren gleich, d. h. der durch Ablenkungen u. f. w. der Leitung entftehende Widerftand eben fo grofs werden, wie der Reibungswiderftand. Wäre Letzteres der Fall und würde d felbft doppelt fo grofs gefchätzt, als es die Rechnung ergiebt, fo würde der Klammerausdruck ftatt $1 + 1$ zu $1 + 2$, oder $\frac{3}{2}$ mal fo grofs, als ihm zukommt. Es ift aber $\sqrt[5]{\frac{3}{2}} = 1{,}085$, d. h. das Rechnungsergebnifs würde 8,5 Procent gröfser, als es fein follte.

Beifpiel 1. Es follen nach einem 22 m vom Dampfentwickler entfernten Orte ftündlich 84000 Wärmeeinheiten überliefert werden. Der Druck im Keffel foll 1000 kg, der Druck am Ende der Leitung 400 kg betragen; es ift fomit, nach obiger Tabelle, $\gamma = 0{,}62$, und die Wärmemenge, welche 1 kg Dampf ftündlich liefert, $w = 536$, alfo $Q = \frac{84000}{536} = 156{,}7 = \backsim 157$ kg. Die wirkliche Länge der Leitung betrage, wegen einiger nothwendiger Krümmungen, $l = 28{,}6$ m, und es fei $\Sigma\, \xi = 3{,}6$. Weil die Röhre gut eingehüllt werden foll, fo mag V zu 8, ferner $d = 6$ cm gefchätzt werden. Es ift alsdann nach Gleichung 149

$$d = \sqrt[5]{\frac{1{,}9 \cdot 28{,}6 + 0{,}8 \cdot 6 \cdot 3{,}6}{0{,}62\, (1000 - 400)} \left(157 + \frac{8}{2}\right)^2} = 5{,}3 \text{ Centim.}$$

Da diefe Röhrenweite im Handel nicht vorkommt, fo wählt man $d = 6$ cm (Gufseifen) und erhält als Widerftand nach Gleichung 108 (S. 170)

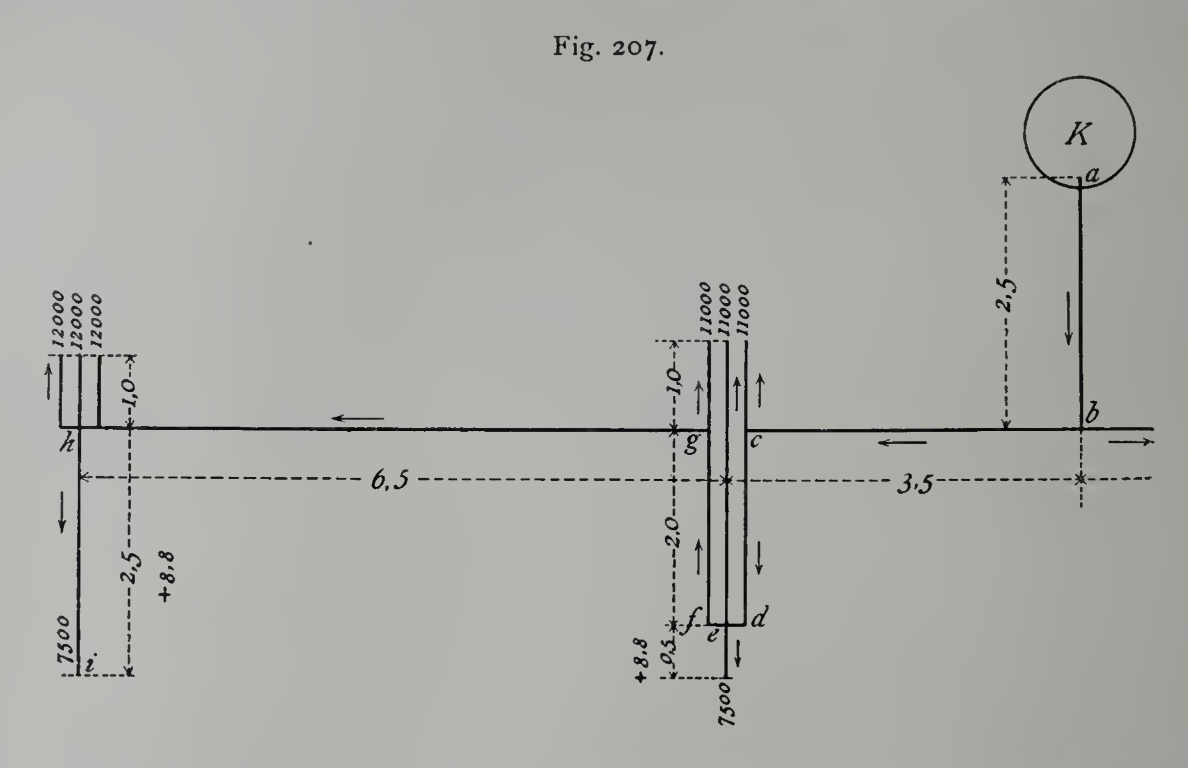
$$p_1 - p_2 = (1{,}9 \cdot 28{,}6 + 0{,}8 \cdot 6 \cdot 3{,}6)\, \frac{\left(157 + \frac{8}{2}\right)^2}{0{,}62 \cdot 6^5} = 385{,}1 \text{ kg},$$

fo dafs alfo ein erheblicher Theil der verfügbaren Kraft unbenutzt bleibt.

Für die Berechnungen ſolcher Leitungen, welche keine langen ungetheilten Strecken enthalten, empfiehlt ſich ein Rechnungsverfahren anzuwenden, welches dem in Art. 43 (S. 42) für Gasleitungen angeführten ähnlich iſt. Es möge daſſelbe durch ein Beiſpiel erläutert werden.

Beiſpiel 2. Vom Dampfentwickler *K* (Fig. 207) aus ſoll der Dampf, mittels der Leitung *abc* ..... *i* zu 3 Heizkammern, welche je 11000, 3 Heizkammern, welche je 12000, und 6 örtlich aufgeſtellten Heizkörpern, welche je 2500 Wärmeeinheiten gebrauchen, geführt werden. In Rückſichtnahme

Fig. 207.



auf die Dehnung der Röhren iſt die Schleife *cdfg* eingeſchaltet; die Zweigröhren und ſämmtliche Längen enthält Fig. 207, wobei erläuternd bemerkt werden muſs, daſs die bei *n*, bezw. *i* verzeichneten 8,8 m Länge lothrecht zu den in 3 verſchiedenen Geſchoſſen aufgeſtellten Heizkörpern emporführt.

Der höchſte Dampfüberdruck ſoll 600 kg betragen; von dieſem ſind 500 kg für 1 qm zur Ueberwindung der Widerſtände verfügbar. Die gröſste Entfernung (von *a* bis *i*) beträgt: $2{,}5 + 3{,}5 + 2 \cdot 2{,}0 + 6{,}5 + 2{,}5 + 8 = 27$ m, ſo daſs auf jedes Meter nur $\frac{500}{27} = 18{,}5$ kg Druckverluſt verfügbar iſt.

Nach der Tabelle auf S. 241 iſt γ = rund 0,6, ſo daſs 1 kg Dampf 536 Wärmeeinheiten liefert.

Die Gröſse des Werthes *V* iſt für jede einzelne der Strecken ſo klein, daſs ſie vorläufig vernachläſſigt werden ſoll; daſſelbe gilt von den ξ, ſo daſs die Gleichung 149 die Geſtalt

$$d = \sqrt[5]{\frac{1{,}9\, l\, Q^2}{\gamma\,(p_1 - p_2)}}$$

oder für $l = 1$ m

$$d = 0{,}7 \sqrt[5]{Q^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 150.$$

erhält. Die Strecke *ik* hat 7500 Wärmeeinheiten, alſo $\frac{7500}{536} = 14$ kg Dampf zu liefern; es iſt daher das zugehörige $d = 2$ cm. In Rückſichtnahme auf den Umſtand, daſs im lothrechten Theile dieſer Leitung das Niederſchlagswaſſer dem Dampf entgegenfließt und daſs eine 2 cm weite Röhre im Handel überhaupt nicht vorkommt, ſoll ſtatt deſſen $d = 2{,}5$ cm genommen werden.

Von *h* zweigen ſich drei Leitungen ab, welche je $\frac{12000}{536}$ kg Dampf abzuliefern haben. Ihre Weite berechnet ſich nach Gleichung 150 demnach zu 2,38 cm, wofür ebenfalls $d = 2{,}5$ cm geſetzt werden ſoll.

Zwiſchen *h* und *g* ſind $\frac{43500}{563}$ kg Dampf zu fördern; ſonach iſt das zugehörige $d = 3{,}98$ oder $\backsim 4{,}4$ cm.

Die Weite der Strecke *gfe* kann man hiernach ohne Weiteres zu 5,1 cm beſtimmen.

edc fördert, auſser den Dampfverluſten, $\frac{73000}{563}$ kg Dampf, muſs ſomit $4{,}59 = \backsim 5{,}1$ cm weit ſein.

cb leitet $\frac{83000^{kg}}{536}$, bedarf alfo $5{,}15^{cm}$, wofür vorläufig, da bisher die Ablenkungswiderftände, fo wie die Dampfverlufte eine Berückfichtigung nicht erfahren haben, die nächft gröfsere im Handel vorkommende Weite von 6^{cm} genommen werden foll.

In dem Falle, dafs rechts von b eben fo viel Dampf gebraucht wird, als links, gewinnt man endlich die Weite der Leitung ab zu $8{,}01$, wofür 8^{cm} gefetzt werden foll.

Um fich zu vergewiffern, dafs durch die gewählten Röhrenweiten dem Dampfverluft und den durch Ablenkung entftehenden Widerftänden in genügendem Grade Rechnung getragen worden ift, kann man den Gefammtwiderftand von a bis i nach Gleichung 108 (S. 170) wie folgt berechnen. Es ift

$$p_1 - p_2 = [1{,}9 \cdot 11{,}3 + 0{,}8 \cdot 2{,}5 \cdot 1{,}3] \frac{(14 + 0{,}7)^2}{0{,}6 \cdot 2{,}5^5} + [1{,}9 \cdot 6{,}5 + 0{,}8 \cdot 4{,}4 \cdot 1] \frac{(81 + 1{,}38)^2}{0{,}6 \cdot 4{,}4^5}$$

$$+ [1{,}9 \cdot 2 + 0{,}8 \cdot 5{,}1 \cdot 2] \frac{(101 + 1{,}64)^2}{0{,}6 \cdot 5{,}1^5} + [1{,}9 \cdot 2 + 0{,}8 \cdot 5{,}1 \cdot 2] \frac{(131 + 2{,}57)^2}{0{,}6 \cdot 5{,}1^5}$$

$$+ [1{,}9 \cdot 3{,}5 + 0{,}8 \cdot 6 \cdot 1] \frac{(155 + 3)^2}{0{,}6 \cdot 6^5} + [1{,}9 \cdot 2{,}5 + 0{,}8 \cdot 8 \cdot 1{,}3] \frac{(316 + 0{,}3)^2}{0{,}6 \cdot 8^5}$$

$$= 504{,}03^{kg},$$

d. h. die gröfste Länge liefert einen verfchwindend ($^4/_5$ Procent) gröfseren Widerftand, als der verfügbare Druck beträgt.

Zur Berechnung der Dampfverlufte wurden folgende Zahlen benutzt. Es verdichtet 1^m gut eingehüllter Röhre ftündlich:

bei $2{,}5^{cm}$	Weite . . .	$0{,}12^{kg}$	Dampf	bei $6{,}0^{cm}$	Weite . . .	$0{,}22^{kg}$	Dampf
[» $3{,}1$ »	» . . .	$0{,}13$ »	»]	[» $7{,}0$ »	» . . .	$0{,}24$ »	»]
[» $3{,}7$ »	» . . .	$0{,}15$ »	»]	» $8{,}0$ »	» . . .	$0{,}26$ »	»
» $4{,}4$ »	» . . .	$0{,}16$ »	»	[» $9{,}0$ »	» . . .	$0{,}28$ »	»]
» $5{,}1$ »	» . . .	$0{,}20$ »	»	[» $10{,}0$ »	» . . .	$0{,}30$ »	»],

wobei zu bemerken ift, dafs die nicht benutzten, durch Klammern gekennzeichneten Werthe der Vollftändigkeit halber hier hinzugefügt worden find.

266.
Wafferröhren.

Die Mafse der Wafferröhren werden ähnlich berechnet, wie diejenigen der Canäle für Luft und Rauch. Da, wie fchon erwähnt, der Vorfchlag, das Waffer mittels eines Dampfftrahles zu bewegen, keine Bedeutung hat, fo wird im Folgenden nur von folchen Anlagen die Rede fein, bei denen die Bewegung des Waffers durch Auftrieb erfolgt.

Fig. 208.

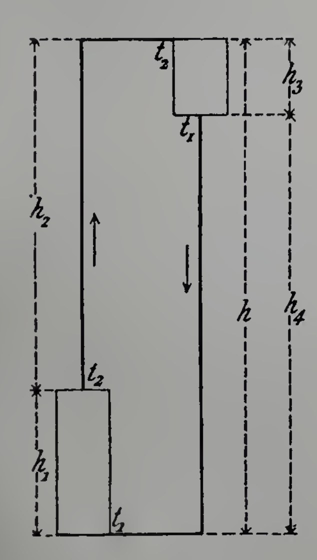


Fig. 208 zeigt die allgemeine Anordnung einer Wafferheizung. In einem unteren Gefäfse oder einer Röhrenfchlange wird das Waffer von t_1 auf t_2 Grad erwärmt, in einem oberen von t_2 auf t_1 Grad abgekühlt. Vermöge des hierdurch entftehenden Auftriebes findet der Umlauf des Waffers ftatt.

In Gleichung 113 (S. 173) wurde die Gröfse des Auftriebes allgemein zu

$$\mathfrak{A} = 0{,}002\ (h_4 + h_2)\ (t_2{}^2 - t_1{}^2)\,, \quad . \quad . \quad . \quad 151.$$

bezw. in Gleichung 115 (S. 173) zu

$$\mathfrak{A} = 0{,}004\ h\ (t_2{}^2 - t_1{}^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 152.$$

für den befonderen Fall beftimmt, dafs $h_1 = h_3$ ift. Die Widerftände find nach Gleichung 79 (S. 162)

$$\mathfrak{W} = \gamma \left[\varkappa l \frac{u}{q} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad 153.$$

Es betragen nun die Waffertemperaturen:

$$65 \text{ Grad} \geqq t_1 \geqq 35 \text{ Grad, alfo im Mittel } 50 \text{ Grad}$$

und $$200 \text{ Grad} \geqq t_2 \geqq 80 \text{ Grad, » » » } 140 \text{ Grad.}$$

Da für gewöhnlich der Hinweg des Waffers dem Rückweg etwa gleich ift, fo kann man für γ in Gleichung 153 einen Mittelwerth für die Temperatur

$$\frac{50+140}{2} = 95 \text{ Grad, d. i. } \frac{\gamma}{2g} = 50$$

einfetzen.

Es werden für die Leitungen regelmäfsig Röhren kreisrunden Querfchnittes verwendet; folglich ift

$$\frac{u}{q} = \frac{D\pi}{\frac{D^2\pi}{4}} = \frac{4}{D}.$$

Nach Einfetzung diefer Ausdrücke und Gleichfetzung der Widerftände und des Auftriebes entfteht

$$\mathfrak{A} = 50\left[\varkappa \frac{4l}{D}\left(\frac{1}{v}+20\right)+\Sigma\xi\right]v^2, \quad \ldots \ldots \quad 154.$$

$$\left(4000\varkappa\frac{l}{D}+50\,\Sigma\xi\right)v^2 + 200\varkappa\frac{l}{D}v - \mathfrak{A} = 0,$$

$$v = \frac{-200\varkappa\frac{l}{D} \pm \sqrt{\left(200\varkappa\frac{l}{D}\right)^2 + 200\left(80\varkappa\frac{l}{D}+\Sigma\xi\right)\mathfrak{A}}}{100\left(80\varkappa\frac{l}{D}+\Sigma\xi\right)} \quad . \quad 155.$$

In diefer Gleichung gilt zweifellos das +Zeichen vor der Wurzel, fo dafs

$$v = \frac{\sqrt{\left(200\varkappa\frac{l}{D}\right)^2 + 200\left(80\varkappa\frac{l}{D}+\Sigma\xi\right)\mathfrak{A}} - 200\varkappa\frac{l}{D}}{100\left(80\varkappa\frac{l}{D}+\Sigma\xi\right)} \quad . \quad . \quad 156.$$

ift. Diefes v ift zu erreichen; es wird der Ausdruck durch Einfetzen der Werthe $\varkappa = 0{,}00035$ und $\mathfrak{A} = 0{,}002\,(h_4 + h_2)\,(t_2{}^2 - t_1{}^2)$, bezw. $\mathfrak{A} = 0{,}004\,h\,(t_2{}^2 - t_1{}^2)$ vervollftändigt zu

$$v = \frac{\sqrt{\left(\frac{l}{D}\right)^2 + \left(2{,}3\,\frac{l}{D} + 82\,\Sigma\xi\right)(h_4+h_2)\,(t_2{}^2 - t_1{}^2)} - \frac{l}{D}}{40\,\frac{l}{D} + 1430\,\Sigma\xi}, \quad . \quad 157$$

bezw.

$$v = \frac{\sqrt{\left(\frac{l}{D}\right)^2 + \left(4{,}6\,\frac{l}{D} + 163\,\Sigma\xi\right)h\,(t_2{}^2 - t_1{}^2)} - \frac{l}{D}}{40\,\frac{l}{D} + 1430\,\Sigma\xi} \quad . \quad . \quad . \quad 158.$$

Dem gegenüber wird, da die Wärmemenge W übertragen werden foll, verlangt

$$v = \frac{W}{D^2\,\frac{\pi}{4}\,.\,3600\,\gamma\,(t_2 - t_1)} = \frac{W}{2\,700\,000\,D^2\,(t_2 - t_1)} \quad . \quad . \quad . \quad 159.$$

Es ift nun wieder verfuchsweife ein zu fchätzendes D einzufetzen und zu unterfuchen, ob daffelbe den Anforderungen entfpricht oder nicht.

Abgefehen von dem D und dem gefuchten v find in den Gleichungen 156 bis 159 bekannt: l und $\Sigma\xi$; beide Werthe können ohne Weiteres aus dem den örtlichen Verhältniffen angefchmiegten vorläufigen Plane entnommen werden. h_4 und h_2

find meiftens nicht von vornherein bekannt, weil h_1 und h_3 erft durch den genaueren Entwurf feft gelegt werden. Alsdann vermag man aber das h der Gleichung 114 oder, was daffelbe ift, $\frac{h_4 + h_2}{2}$ ziemlich gut zu fchätzen; man rechnet mit ihm unter Benutzung der Gleichung 158, unter dem Vorbehalt, nach Umftänden fpäter, auf Grund der Gleichung 157, die Rechnung zu wiederholen. Die Temperaturen t_2 und t_1 des Waffers können willkürlich gewählt werden.

267.
Nieder-, Hoch- u. Mitteldruck-Wafferheizung.

Soll die Leitung oben offen fein, fo dafs etwa gebildeter Dampf frei entweichen kann, fo kann t_2 nicht gröfser fein, als 100 Grad; um jedoch ein »Ueberkochen« zu verhüten, d. h. zu verhindern, dafs durch eine geringe Unvorfichtigkeit des Heizers eine Dampfbildung und die mit ihr verknüpften Uebelftände eintreten, wählt man t_2 nur $= 90$ Grad und nennt die betreffende Heizungsart Niederdruck- oder Warmwaffer-Heizung, auch offene Wafferheizung.

Behuf Gewinnung einer recht kleinen Heizfläche wird die Temperatur des Waffers gröfser genommen; es bedingt das Verfahren, um Dampfbildung zu verhüten, eine gefchloffene Leitung, wefshalb man die betreffende Heizungsart im Allgemeinen gefchloffene Wafferheizung nennt. Innerhalb diefes Begriffes find gebräuchlich: die Hochdruck-Wafferheizung, auch *Perkins*-Heizung genannt, mit $t_2 = 200$ Grad, fo dafs das Waffer unter einem Ueberdrucke von etwa 145000 kg für 1 qm gehalten werden mufs, häufiger die Mitteldruck-Wafferheizung mit $t_2 = 150$ Grad, bei welcher der nöthige Ueberdruck nur 40000 kg beträgt.

t_1, d. i. die Temperatur, mit welcher das Waffer den wärmeabgebenden Körper verläfft, ift jedenfalls gröfser anzunehmen, als die Temperatur der den Heizkörper befpülenden Luft. Je mehr erftere die letztere überragt, defto kleiner fallen die Heizflächen aus, um fo billiger werden die Wärmeftrahler; dagegen wächst die zur Uebertragung der Wärmemenge W erforderliche Waffermenge und mindert fich der Auftrieb mit der Abnahme des Temperatur-Unterfchiedes $t_2 - t_1$, d. h. es wird mit letzterer die Röhrenleitung vertheuert.

Je nachdem die Minderung der Koften für die Wärmeftrahler oder diejenige für die Röhrenleitung, je nachdem die Raumerfparnifs für erftere oder letztere von gröfserer Bedeutung ift, wählt man t_1 gröfser oder kleiner. Die äufserften Grenzen dürften, bei voller Beanfpruchung der Heizung, die bereits in Art. 266 (S. 243) angegebenen

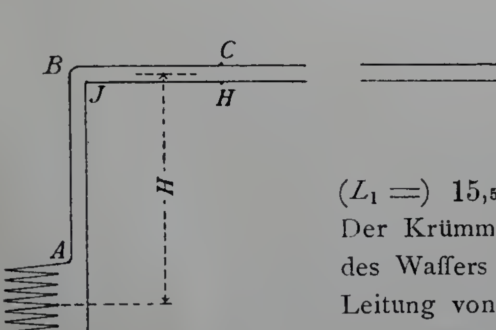
$$65 \text{ Grad} \geq t_1 \geq 35 \text{ Grad}$$

fein.

Die zunächft fchätzungsweife Wahl des D hat natürlich nach den verfügbaren Röhrendurchmeffern, bezw. deren Abftufungen ftattzufinden.

Beifpiel. Es fei eine Mitteldruck-Wafferheizung mit ($D =$) 0,022 m weiten Röhren (äuſserer Durchmeffer $= 0{,}033$ m) zu berechnen. Die nach den örtlichen Verhältniffen getroffene Anordnung ftellt Fig. 209 im Aufrifs dar, wobei zu bemerken ift, dafs bei C, D, G und H rechtwinkelige, abgerundete Ablenkungen in wagrechter Ebene vorliegen und der Waffererwärmer aus ($L_1 =$) 15,5 m fchlangenförmig gebogenen Röhren gleicher Weite befteht. Der Krümmungshalbmeffer diefer Schlangen ift fo grofs, dafs Wirbelungen des Waffers in den Krümmungen nicht beachtet zu werden brauchen. Die Leitung von B über E nach J dient als Wärmeftrahler; ihre Länge ift in Rückficht hierauf zu ($L_2 =$) 144 m beftimmt worden. Die nur der Leitung

Fig. 209.



dienenden Röhrenftrecken *AB* und *JK* meffen zufammen ($L_3 =$) $4{,}5^{\text{m}}$, fo dafs die gefammte Röhrenlänge $l = 164^{\text{m}}$ beträgt.

Die Ablenkungen *A*, *K* und *J* find fcharfwinkelige, die bei *C*, *D*, *E*, *F*, *G* und *H* gelegenen abgerundete. Es ift daher

$$\Sigma \xi = 3 \cdot 1 + 6 \cdot 0{,}5 = 6 .$$

Gegeben ift ferner $W = 12000$, $H = 2^{\text{m}}$, $t_1 = 50$ Grad und $t_2 = 150$ Grad.

Hiernach ift $\frac{l}{D} = 164 \cdot 0{,}022 = 7454$; $\left(\frac{l}{D}\right)^2 = 55562116$;

$$4{,}6 \frac{l}{D} = 34288; \quad 163 \Sigma \xi = 978;$$

$$40 \frac{l}{D} = 298160; \quad 1430 \Sigma \xi = 8580;$$

$$t_2^2 - t_1^2 = 22500 - 2500 = 20000;$$

folglich ift das zu erreichende

$$v = \frac{\sqrt{55562116 + (34288 + 978)\, 2 \cdot 20000} - 7454}{298160 + 8580} = 0{,}1^{\text{m}} .$$

Dagegen ift das verlangte

$$v = \frac{12000}{2700000 \cdot 0{,}022^2 \cdot (150 - 50)} = 0{,}092^{\text{m}} .$$

Man kann mit diefer Uebereinftimmung zufrieden fein, vielleicht — wenn darauf Werth gelegt wird — *H* ein wenig kleiner wählen.

Hätte fich herausgeftellt, dafs mittels der Anlage die erforderliche Waffergefchwindigkeit nicht zu erreichen wäre, fo würde man — je nach Umftänden — *H* gröfser wählen oder die Leitung doppelt, bei entfprechend geringerer Länge, ausführen.

268. Niederdruck-Heizung mit Oefen.

Hochdruck- und Mitteldruck-Wafferheizungen geftatten, der vorkommenden grofsen Spannungen halber, nur enge Röhren, fowohl für die Leitung, als auch für die Wärme aufnehmenden und Wärme abgebenden Körper; Niederdruck-Wafferheizungen werden dagegen mit weiten Röhren ausgeftattet und die Heizkörper derfelben häufig kaften- oder keffelförmig geftaltet. Man legt mehrere neben einander herlaufende Röhren in eine zufammen und fpeist fo von einem »Heizkeffel« mehrere »Heizöfen«, indem an geeigneten Orten der Leitungen mittels Zweigröhren die einzelnen Oefen angefchloffen werden. Man berechnet alsdann zweckmäfsig die Röhren fo, als ob jeder Ofen eine eigene Leitung habe, und zählt die neben einander liegenden Querfchnitte zufammen, um den Querfchnitt der gemeinfchaftlichen Röhre zu gewinnen.

Fig. 210.

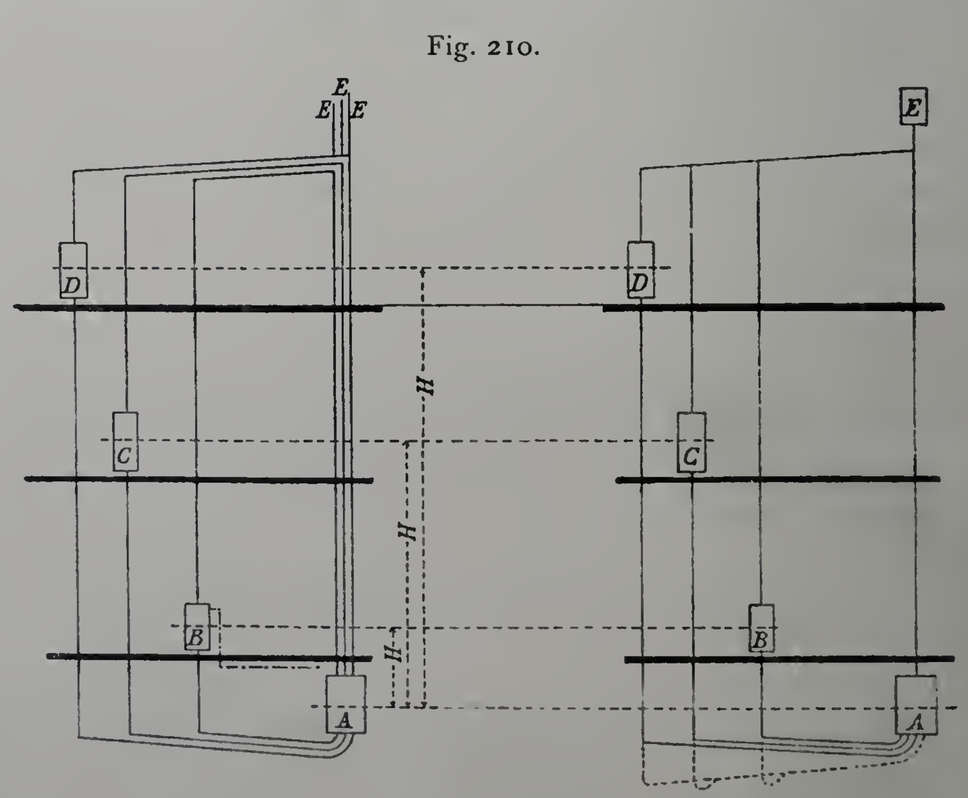
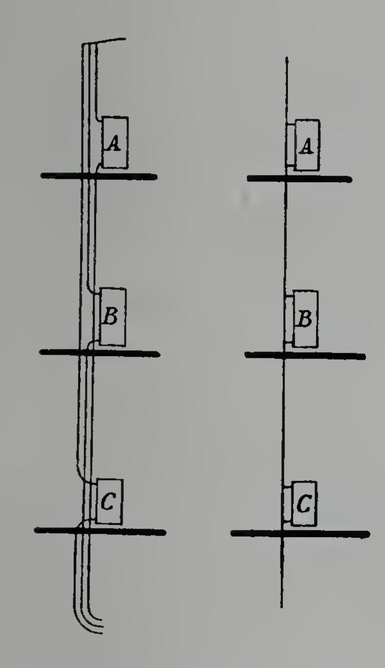


Fig. 210 verfinnlicht die Anordnung und Verforgung der Oefen *B*, *C* und *D* vom gemeinfchaftlichen Heizkeffel *A* aus. Die linke Hälfte der Figur enthält die Röhrenleitungen getrennt, wie diefelben zu berechnen find; die rechte Seite zeigt die Zuflufsleitungen möglichft vereinigt, während die

Leitungen, welche das Waffer dem Heizkeffel wieder zuzuführen haben, getrennt gehalten find. Würde man auch diefe in eine gemeinfchaftliche Röhre vereinigen, fo würde, da die Temperaturen des von den Oefen *B*, *C* und *D* niederfteigenden Waffers nicht unter fich gleich find, durch Eintreten wärmeren Waffers in eine Röhre, welche kälteres Waffer niederzuführen hat, eine Störung des Wafferumlaufes eintreten, welche die Ergebniffe der Rechnung in höherem oder geringerem Mafse unzutreffend macht. Legt man den tiefften Punkt jeder niederfteigenden Röhre, wie in Fig. 210, rechte Seite, durch Punktirung angedeutet ift, tiefer als die Mündung derfelben in die Sammelröhre, fo kann die in Rede ftehende Störung allerdings nicht eintreten. Es fehlt jedoch häufig am nöthigen Raume für eine fo tiefe Lage der Anfchlufsftücke, wefshalb meiftens auf eine Sammlung der Rücklaufröhren verzichtet wird.

Fig. 211.



So fern man jedoch die Röhrenweiten möglichft gering zu haben wünfcht, fo berechnet man die in Fig. 210 rechts gezeichnete Anordnung ähnlich, wie das Canalnetz einer Luftleitung, indem man fowohl die Widerftände in der gemeinfchaftlichen Leitung, als auch die Widerftände in den einzelnen Leitungen für fich berechnet, um, nach mehrfachen Verfuchen — die erleichtert werden, wenn man vorher den erftgenannten Weg einfchlägt — zu befriedigenden Ergebniffen zu kommen.

Die Berechnung des Röhrennetzes, welches in Fig. 211 dargeftellt ift, findet in derfelben Weife, wie foeben angegeben, ftatt. Die linke Seite diefer Figur zeigt nämlich die den drei über einander liegenden Oefen *A*, *B* und *C* dienenden Einzelröhren; im rechtsfeitigen Theile der Figur find die Röhren fo zufammengelegt, dafs das Waffer zunächft in den Ofen *A*, hierauf in den Ofen *B*, endlich in den Ofen *C* gelangt, von dem aus daffelbe wieder zum Heizkeffel zurückkehrt. Befondere Stellvorrichtungen ermöglichen, das Waffer behuf Regelung der Wärmeabgabe ganz oder theilweife an den Oefen vorbei zu leiten. Will man für diefe Röhrenleitung das genauere Rechnungsverfahren anwenden, fo hat man zunächft zu bedenken, dafs das Waffer die Summe der Wärmemengen abgeben mufs, welche für die Oefen *A*, *B* und *C* berechnet waren; alsdann hat man die Wafferdrücke von *A* bis *B*, von *B* bis *C* und von *C* bis zum Heizkeffel zufammenzuzählen und hiervon den durch die Steigröhre bis zu *A* ausgeübten Druck abzuziehen, um den Auftrieb zu erhalten.

Für Hoch- und Mitteldruck-Wafferheizungen verwendet man zuweilen die in Fig. 212 gezeichnete Abart der allgemeinen, durch Fig. 210 dargeftellten Anordnung. *A* bezeichnet den aus einer Schlangenröhre beftehenden Wärmeaufnehmer, *B* die ebenfalls aus fchlangenförmig gebogenen Röhren gebildeten Wärmeftrahler. Das erhitzte Waffer fteigt von *A* empor, bewegt fich in der oberen Röhre wagrecht nach links, finkt in den Wärmeftrahlern *B* nach unten und ftrömt durch die untere Röhre nach dem Wafferwärmer zurück. Man hat bei *e* oder *a*, durch Einfchalten eines Hahnes oder Ventiles, die Möglichkeit gefchaffen, die Wärmeabgabe jedes Wärmeftrahlers zu regeln, bezw. jeden der letzteren auszufchalten. So könnte der Fall eintreten, dafs der Wafferumlauf völlig gefperrt und fodann Ueberhitzung des Waffererwärmers eintreten würde, wenn nicht die obere und untere

Röhre an der linken Seite mit einander verbunden wären. Diefe Anordnung geftattet aber dem Waffer, auch bei geöffneten Ventilen *e*, bezw. *a* zum Theile durch die links gezeichnete Verbindung *cd* nach unten zu fliefsen. Es ift bei der Anlage und Berechnung darauf Rückficht zu nehmen. Bei guter Einhüllung verliert der Röhrenftrang *bfcd* nur wenig Wärme, fo dafs innerhalb deffelben ein nennenswerther Auftrieb nicht auftritt; die Wafferbewegung innerhalb der Leitung mufs vielmehr durch den Temperatur-Unterfchied innerhalb der Höhe *gb* hervorgebracht werden. Dem gegenüber tritt ein Auftrieb durch die Abkühlung des Waffers in den Wärmeftrahlern *B* ein. Wählt man nun die Verhältniffe fo, dafs bei geöffneten Ventilen diefer Auftrieb zur Ueberwindung der Widerftände in *B* und den zugehörigen wagrechten Röhrentheilen genügt, während der Auftrieb zwifchen *g* und *b* bei vollem Betrieb nur den hier auftretenden Widerftänden gewachfen ift, fo liegt — bei voller Beanfpruchung der Heizung — für das Waffer keine Veranlaffung vor, durch *cd* nach unten zu ftrömen.

Fig. 212.

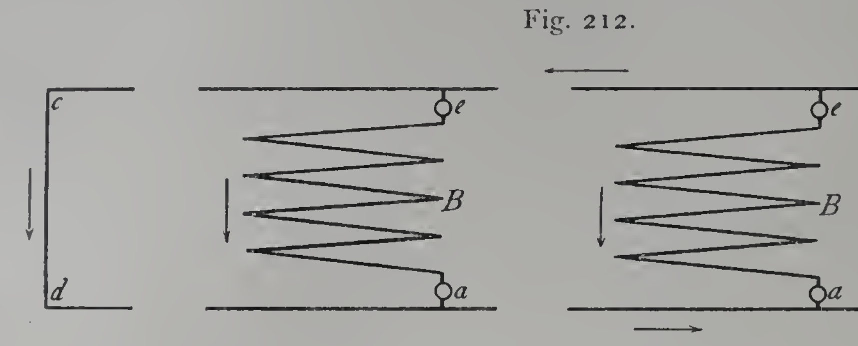
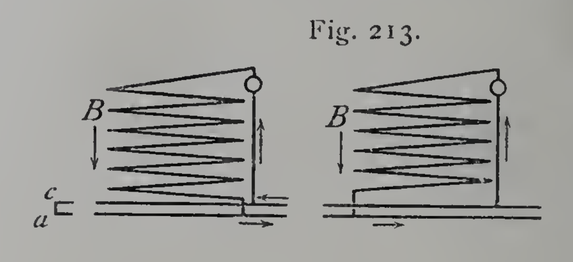


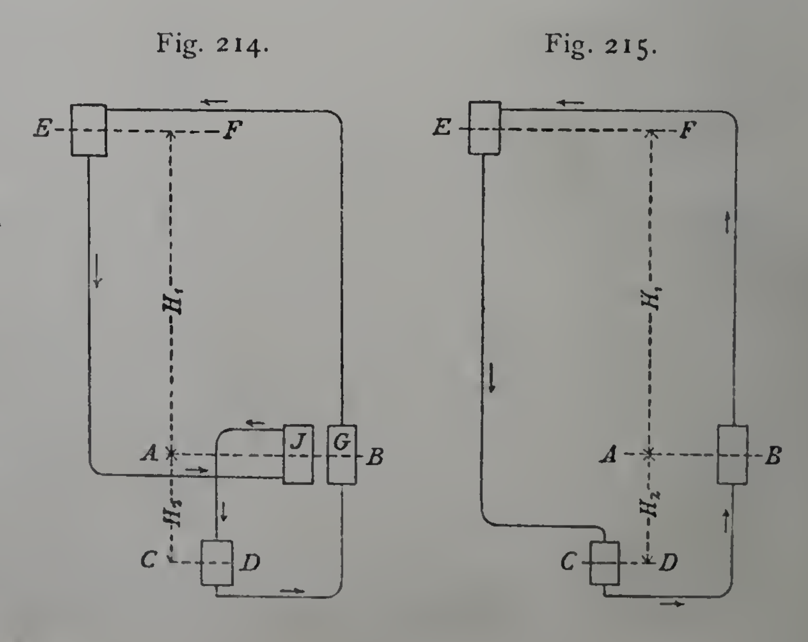
Fig. 213.



Wenn die Röhrenftrecke *fc* da, wo fie in Fig. 212 fich vorfindet, hinderlich ift, fo kann man fie auch nach Fig. 213 anordnen, ohne an den fonftigen Verhältniffen etwas zu ändern.

Bisher war nur von folchen Anlagen die Rede, bei welchen die Wärme abgebenden Körper höher liegen, als die Wärme aufnehmenden. Zuweilen ift es unbedingt erforderlich, erftere in gleiche Höhe zu legen, wie letztere, oder fogar tiefer anzubringen. Die Skizze Fig. 214 deutet an, in welcher Weife in diefem Falle verfahren werden kann. *AB* fei die wagrechte Mittelebene der Heizkeffel, *CD* diejenige des Heizofens oder eines Wärme abgebenden Röhrenwerkes; dann mufs ein fernerer Ofen, deffen Mittelebene durch *EF* bezeichnet ift, zu Hilfe genommen werden. Das im Heizkeffel *G* erwärmte Waffer fteigt nach oben, kühlt fich im oberen Ofen entfprechend ab und finkt nach dem Heizkeffel *J* zurück. Hier findet es neue Erwärmung und gelangt alsdann, niederfteigend, in den

Fig. 214. Fig. 215.



unteren Ofen; nachdem es hier entfprechend abgekühlt ift, fteigt das Waffer zum Heizkeffel G empor. In diefem Falle ift felbftverftändlich das Ganze als ein Röhrenftrang aufzufaffen und fämmtliche Widerftände zufammenzuzählen. Ihnen gegenüber fteht der pofitive Auftrieb des oberen Ofens, entfprechend der durch diefen ftattfindenden Abkühlung und dem $+ H_1$, fo wie der negative Auftrieb des unteren Ofens, für den die Abkühlung wie immer, die Höhe aber mit $- H_2$ eingetragen wird. Die Bedingungen, unter denen eine folche Anlage überhaupt betriebsfähig ift, find leicht zu erkennen.

Daffelbe Rechnungsverfahren findet ftatt, wenn man, wie Fig. 215 andeutet, das Waffer nur in einem Keffel erwärmt, hierauf zunächft über der Ebene AB, dann aber unter AB fich abkühlen läfft.

269. Wärme-verlufte.

Die Wärmeverlufte des Waffers in den Röhrenleitungen find zuweilen, trotz guter Einhüllung derfelben, fo grofse, dafs man diefelben bei der Berechnung der Anlagen berückfichtigen mufs. Dies kann gefchehen, indem man fie zunächft durch Schätzung beftimmt und durch eine nachträgliche Rechnung prüft, ob die Schätzung eine richtige war oder nicht. In einigen Fällen wird man ftatt diefes Verfahrens rafcher zum Ziele gelangen, wenn man die Leitungsröhren als Heizöfen betrachtet und fie in ähnlicher Weife in die Rechnung einführt, wie unter Bezugnahme auf Fig. 211 erörtert wurde.

b) Lage und Längenprofil.

270. Lage im Allgemeinen.

Zu jedem Wärme abgebenden Körper, welcher die Wärme des Dampfes oder diejenige des Waffers ausftrahlen foll, gehören eine Zuleitungs- und eine Rücklaufröhre. In umfangreicheren Gebäuden, deren Räume durch in ihnen felbft aufgeftellte Dampf-, bezw. Wafferöfen erwärmt werden, wird in Folge deffen eine Zahl von Röhren erforderlich, welche fowohl wegen des Raumbedarfes, als auch wegen der Lage der Oefen oft fchwer unterzubringen find. Manche Architekten legen, um bezüglich der Ausfchmückung der Räume nicht behindert zu fein, die Röhren in das Gebälke und unter den Putz. Ein folches Verfahren ift fchon für Gasleitungen nicht zu empfehlen, mufs aber für die Leitungen der Dampf- und Wafferheizungen geradezu als unzuläffig bezeichnet werden. Bei diefen finden in der Regel nicht unbeträchtliche Temperaturwechfel ftatt, alfo Dehnungen, welche nicht behindert werden dürfen; wegen der gewaltfamen Dehnungen können, felbft bei tüchtiger Ausführung, Undichtheiten entftehen, die felbftverftändlich eine Netzung, alfo Schädigung der Gebäudetheile im Gefolge haben. Als vornehmfte Regel für Anlage derartigen Röhrenwerkes gilt daher, dafs daffelbe bequem zugänglich fein mufs und feinen Dehnungen keine Hemmniffe geboten werden dürfen.

Auf Grund diefer Regel find als geeignete Plätze für die Röhrenlagen zunächft die Wände zu bezeichnen. Eine gefchickt angelegte und gut ausgeführte Röhrenleitung verunziert die Wand eines einfach gehaltenen Raumes nicht, wenn diefelbe auch auf der Wandfläche liegt. In fchlichten Wänden bringt man für die Röhren häufig paffende Schlitze an, welche unverdeckt bleiben, mit Gittern verfchloffen werden oder einen dichten Abfchlufs finden. Wegen der nothwendigen Zukömmlichkeit mufs die Bedeckung der Schlitze abnehmbar fein; fie kann daher nur aus Holz oder Metall beftehen. In beiden Fällen darf der Einflufs der von den Röhren abgegebenen Wärme nicht unterfchätzt werden, zumal weil derfelbe im Sommer gar nicht, im Winter wechfelnd vorhanden ift. Gefimfe, welche an den Wänden entlang

laufen, bieten oft willkommene Gelegenheit, die Röhren fo neben oder über diefelben zu legen, dafs fie nicht bemerkt werden; weit auskragende Kranzgefimfe gewähren Raum für ziemlich weite Röhren. Pilafter und Paneele, die aus Holz und abnehmbar hergeftellt find, bieten ebenfalls bequeme Gelegenheit zur Unterbringung der Röhren.

271.
Befondere Fälle.

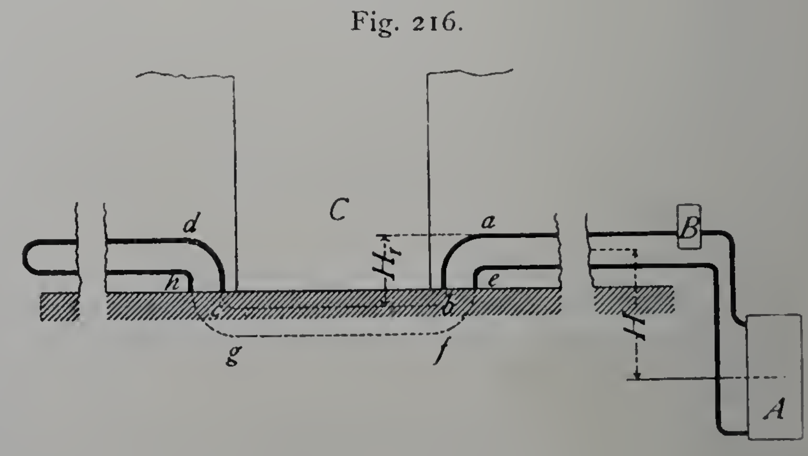
In befonderen Fällen können die Röhren unter die Decken gehängt oder auf die Fufsböden geftützt werden; jedoch find diefe Orte nur in untergeordneten Räumen — Keller- und Dachgefchofs — verwendbar.

Endlich benutzt man befondere Räume für die Röhrenleitungen. Die Decken der Gänge, welche grofsen Räumen entlang führen, werden oft aus Schönheitsrückfichten tiefer gelegt, als diejenigen der benachbarten Zimmer. Aldann entfteht zwifchen einer folchen Decke und dem höher gelegenen Fufsboden ein Hohlraum, der, wenn mindeftens 60 cm weit, ausreichenden Platz für alle Arten von Röhrenleitungen bietet. In den Wänden find faft immer Orte zu finden, an denen weitere lothrechte Canäle angebracht werden können. Ihre Zugänglichkeit ift nur an einigen Orten nothwendig, wenn man die Verbindungsftellen der in ihnen befindlichen Röhren in Gruppen zufammengezogen hat. Gefchickte Hand und Zufammenarbeiten des Architekten und Heiztechnikers werden immer Orte für die Röhren finden, welche den oben angeführten Regeln entfprechen, ohne den Einklang der künftlerifchen Durchbildung zu ftören. Ausnahmen von der Regel, die Röhren nicht unter den Fufsboden, bezw. nicht zwifchen diefen und die unter ihm liegende Decke zu legen, find jedoch nicht ganz zu umgehen.

Als am häufigften vorkommende derartige Ausnahme nenne ich den Fall, dafs die Röhren längs einer Wand, und zwar in der Nähe des Fufsbodens, fich befinden, welche Wand an irgend einer Stelle eine Thür hat.

Fig. 216 verfinnlicht einen folchen Fall, bei Anwendung einer Gewächshaus-Wafferheizung. *A* bezeichnet den Heizkeffel, *B* das Ausdehnungsgefäfs, *C* die in Rede ftehende Thüröffnung. Die Leitungsröhren find hier gleichzeitig die Heizkörper; vom oberen Ende des Heizkeffels fliefst das Waffer längs der Wände des Raumes, finkt dann in eine zweite, unter der erften liegende Leitung und gelangt endlich in den unterften Theil des Keffels zurück. Das zur Berechnung des Auftriebes dienende *H* wird, wenn man die einfachere Rechnung anwenden will (vergl. Art. 266, S. 243), von der Mitte zwifchen beiden Heizröhren bis zur Mitte des Heizkeffels gemeffen. Wenn daher, wie hier gezeichnet, die beiden Röhren vor der Thür *C* unter den Fufsboden gelegt werden und eine Abkühlung des Waffers an diefer Stelle fo weit verhütet ift, dafs diefelbe unbeachtet bleiben kann, fo wird — in regelmäfsigem Betriebe — der negative Auftrieb auf der rechten Seite der Thür *C* durch den pofitiven Auftrieb auf der linken Seite der Thür aufgehoben, d. h. die ganze Anordnung hat nur den Einflufs auf die Bewegung des Waffers, welcher aus der Vermehrung der Widerftände entfteht, gleichgiltig, um welches Mafs die Röhren vor der Thür tiefer liegen, als fonft. Anders ift es bei Inbetriebfetzung der Anlage. Alsdann gelangt nach einiger Zeit in das niederfinkende Stück *a b* warmes Waffer, während die Stücke *c d*, *e f* und *h g* mit kaltem Waffer gefüllt find. Ift nun die zu *a b* gehörige Höhe grofs, fo kann der Fall eintreten, dafs der hier befindliche negative Auftrieb von dem pofitiven des Keffels nicht überwunden werden kann, d. h. die Inbetriebfetzung gelingt nicht. Bei länger andauernder Wärme-Zufuhr im Keffel *A* tritt hier fchliefslich eine Dampfentwickelung ein, die fchwingende Bewegungen des Waffers zur Folge

Fig. 216.



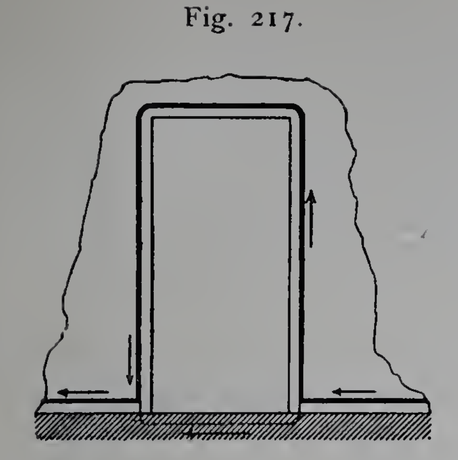


Fig. 217.

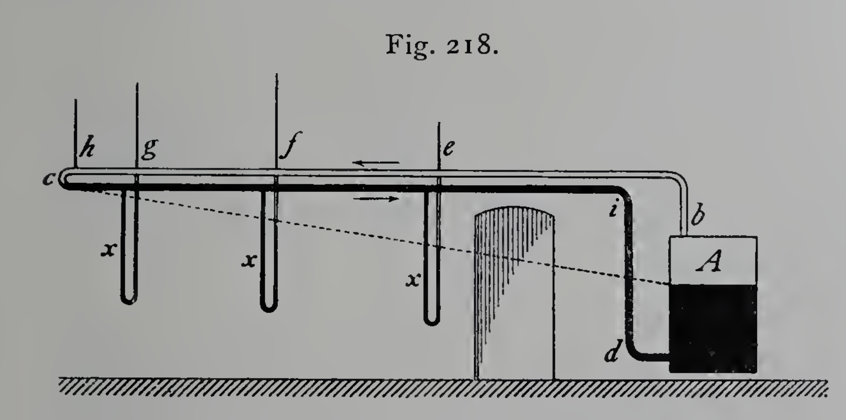
hat. Das warme Waffer gelangt in Folge deffen in die Rücklaufröhre und verringert hierdurch den Auftrieb des Keffels. Nicht felten werden die Schwingungen des Waffers fo grofs, dafs die Röhren zerfchmettert werden. Diefe Uebelftände können vermieden werden, wenn H im Vergleich zur Auftriebshöhe H_1 des Röhrenftückes $a\,b$ u. f. w. möglichft grofs ift; in zweifelhaften Fällen ift es unfchwer, die erforderliche Gröfse des H zu berechnen.

Würde eine Dampfleitung in ähnlicher Weife angeordnet, fo würde die durchgebogene Röhre fich mit dem durch Verdichtung des Dampfes entftehenden Waffer anfüllen und den Querfchnitt der Röhre verftopfen oder doch dem Dampf einen Stöfse herbeiführenden Widerftand entgegenfetzen. Man verfährt defshalb hier, wie Fig. 217 erkennen läfft. Die Dampfröhre wird über die Thür hinweggeführt, während das den Dampf begleitende Waffer feinen Weg unter dem Fufsboden hindurch findet.

Eine recht hübfche Löfung vorliegender Aufgabe verfinnlicht Fig. 218 [160]). Es handelt fich um die Röhrenleitung einer Niederdruck-Dampfheizung.

A bezeichnet den im Kellergefchofs aufgeftellten Dampfentwickler. Von ihm aus führt die Röhre *b c* den Dampf unter der Decke des Kellervorraumes entlang, fo dafs die Zweigröhren *e*, *f*, *g* und *h* an den Wänden empor zu den Wärmeftrahlern geführt werden können. Da diefe Röhren lothrecht oder doch nur wenig von der lothrechten Linie abweichend angebracht find, fo ift es zuläffig — bei entfprechend grofser Weite der Röhren — fie gleichzeitig zur Abfuhr des Niederfchlagswaffers zu benutzen. Es fällt alfo das Letztere in die im Wefentlichen wagrechte Dampfröhre zurück, in welcher es mit dem Dampfe fich weiter bewegen oder aus welcher es mittels geeignet angebrachter Abflufsröhren auf kürzerem Wege in die Niederfchlagwafferröhre gelangt. Der Keffel *A* befindet fich über dem Kellerfufsboden; foll defshalb das Niederfchlagwaffer, ohne zuvor zu fteigen, in den Keffel gelangen (damit es fich, bei Aufserbetriebfetzung der Heizung, vollftändig in diefen ergiefst), fo fperrt die Röhre die ganze Wand. Um dies zu vermeiden, ift nun die Niederfchlagwafferröhre von *c* bis *i* neben die Dampfröhre gelegt (in Fig. 218 liegt *c i* tiefer, damit die Dampfröhre nicht verdeckt wird) und vermöge der **U**-förmigen Röhren *x* mit der Dampfröhre *b c* verbunden, fo dafs durch *x* das Niederfchlagwaffer abzufliefsen vermag, aber ein gelegentliches Zurückftauen deffelben in die Dampfröhre ausgefchloffen ift. In den rechtsfeitig gezeichneten Schenkeln der **U**-förmigen Röhren *x* befindet fich der Wafferfpiegel fo viel höher, als im Keffel, wie die Widerftände durch die Dampfröhre bis zur Röhre *x* und von diefer zurück durch *i d* betragen; hiernach ift die Länge der **U**-förmigen Röhren zu beftimmen. Zur Entleerung der Röhren *x* dienen befondere kleine Hähne.

Fig. 218.



272. Längenprofil.

Die zuletzt gegebenen Befprechungen liefern fchon Regeln für das Längenprofil der Röhrenleitungen. In Bezug auf daffelbe find noch die folgenden Erfcheinungen zu beobachten. Das in Fig. 219 abgebildete Röhrenftück einer Wafferheizung fteht nach beiden Seiten hin mit dem Ringe in Verbindung, den das Waffer während des Betriebes der Heizung zu durchlaufen hat. Beim Füllen der Leitung vermag fonach das Waffer von zwei Seiten heranzufliefsen, fo dafs die Luft im höheren Theil der Röhre zufammengedrängt wird. Nach dem Anheizen, nach Eintreten des Auftriebes,

Fig. 219.

a

160) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 591.

fteigt der Wafferfpiegel an der einen Seite der Röhrenbiegung, während derjenige an der anderen Seite fich fenkt. So lange die Aufbiegung keine grofse, dagegen der Auftrieb ein bedeutender ift, wird es letzterem möglich, das Waffer über die hügelförmige Erhöhung der unteren Röhrenwand hinweg zu treiben; allein niemals ift der Auftrieb im Stande, die Luft zu befeitigen. Es find in diefem Röhrenftück alfo unter allen Umftänden Widerftände zu überwinden, an welche bei der Berechnung nicht gedacht wurde.

273.
Entlüften bei Waffer-heizungen.

Das Längenprofil der Wafferheizungsröhren mufs defshalb derartig fein, dafs folche »Luftfäcke« nicht auftreten, oder es ift dafür zu forgen, dafs die Luft aus dem betreffenden Röhrenftück entfernt werden kann. Niederdruck- und Mitteldruck-Wafferheizungen geftatten die Anbringung eines Hahnes an der höchften Stelle der Röhrenbiegung, nämlich bei *a*, Hochdruck-Heizungen werden mittels des fog. Durchpumpens luftfrei gemacht. Zu dem Ende wird, mit Hilfe einer möglichft am tiefften Punkte des gefammten Ringes, welchen jede Heizung bildet, angebrachten Pumpe, das Waffer in einer Richtung durch die Röhren bis zu dem höchften Punkte getrieben, wofelbft für den Zweck des Entlüftens eine Oeffnung frei gelegt ift. Das rafch und mit grofser Kraft fliefsende Waffer reifst die Luft gewaltfam mit fich fort und führt fie bis zu der genannten Oeffnung, wofelbft fie entweichen kann. Wenn nöthig, fo wird auch der andere Theil des Ringes durchgepumpt. Beide Verfahren, nämlich das Durchpumpen fowohl, als auch das Entlüften mittels Lufthähne, haben Unbequemlichkeiten im Gefolge, da das Waffer, welches man den Leitungen zuführt, nie ganz luftfrei ift, fonach die Luftfäcke fich allmählich wieder ausbilden. Es follte fonach möglichft jede Geftalt des Längenprofiles vermieden werden, welche zur Bildung eines Luftfackes Gelegenheit bietet.

274.
Längenprofil der Waffer-leitungen.

Man ordnet defshalb die Röhren fo an, dafs vom tiefften Punkte der Leitung ab diefelben nach beiden Seiten hin bis zu einem gemeinfchaftlichen höchften Punkte fteigen. Hier läfft man eine Oeffnung frei (bei Niederdruck-Heizungen), um der Luft ungehinderten Austritt zu gewähren, oder fchaltet ein Gefäfs ein, in welchem fich die Luft zu fammeln vermag, ohne der Strömung des Waffers hinderlich zu fein.

Diefes Gefetz ift z. B. durch die Anordnung, welche Fig. 210 darftellt, berückfichtigt worden; *E* bezeichnet eine Einrichtung, welche zum ungehinderten Sammeln, bezw. Entweichen der Luft Gelegenheit bietet.

In der Leitung, welche Fig. 210 darftellt, fällt auf, dafs — fcheinbar unnützer Weife — z. B. das den Ofen *B* fpeifende Waffer einen aufserordentlich grofsen Umweg machen mufs. Man würde mit weniger Mitteln, geringeren Widerftänden und vielleicht auch zu Gunften bequemerer Unterbringung der betreffenden Röhre diefen Ofen auf dem punktirten Wege mit warmem Waffer verforgen können. In der That empfiehlt fich nicht felten eine derartige Leitung aus den genannten Gründen. Alsdann bildet aber offenbar der Ofen *B* einen Luftfack, der entweder mittels eines an feinem höchften Punkte angebrachten, von Zeit zu Zeit zu öffnenden Lufthahnes oder mittels Durchpumpens unfchädlich gemacht werden mufs.

In neuerer Zeit verficht man die in Fig. 210, linke Seite, nach der punktirten Linie mit Waffer verforgten Heizkörper *B* ftatt der Lufthähne mit engen Luftröhren, die zu einer gemeinfamen, hoch liegenden, in ein Luftgefäfs mündenden Luftleitung verbunden find. Die Luftleitung, wie das Gefäfs find dann ebenfo geordnet, wie in Fig. 210 über den Heizkörpern gezeichnet ift.

275.
Entlüften bei Dampf-heizungen.

Die Luft, welche in den Dampfheizungsröhren vor deren Inbetriebfetzung fich befindet, fo wie diejenige, welche denfelben aus dem lufthaltigen Speifewaffer fortwährend zugeführt wird, ift noch läftiger und fchwieriger unfchädlich zu machen.

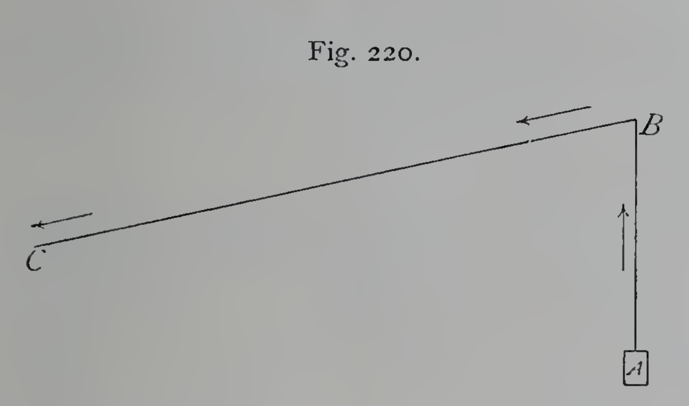
Die Querſchnittsberechnungen, auch die Heizflächengröfse, ſind auf reinen Dampf gegründet. Der lufthaltige Dampf vermag ſelbſtverſtändlich weniger Wärme abzugeben, als der reine Dampf; man muſs alſo von erſterem gröſsere Mengen heranſchaffen, als von letzterem. Die vollſtändige Entfernung der Luft iſt daher von hohem Werthe; ſie gelingt ſchwer wegen der Ergieſsung beider Gaſe in einander.

Bei gleicher Temperatur iſt die Luft ſchwerer, als der Dampf; ſie muſs daher dieſem gegenüber nach unten zum Abfluſs gebracht werden. Dies iſt von groſsem Werthe, indem auch das durch Verdichten des Dampfes gebildete Waſſer einen nach unten gerichteten Abfluſs haben muſs. Während ein Theil des Dampfes verdichtet wird, bleibt die Luft in ihrem Beſtande unverändert; ſonach iſt der Luftgehalt des Dampfes um ſo gröſser, je weiter der Dampf von ſeiner Erzeugungsſtelle entfernt iſt. Endlich iſt noch zu bemerken, daſs das Waſſer ſchwer, die Luft aber gar nicht gegen die Bewegungsrichtung des Dampfes zu ſtrömen vermag.

276. Längenprofil der Dampfleitungen.

Aus allen dieſen Gründen geht die Forderung hervor, Waſſer, Luft und Dampf ſtets in derſelben Richtung ſtrömen zu laſſen, d. h. die geſammte Leitung ſo anzuordnen, daſs ſie von einem höchſten Punkte ab ſtetig nach unten ſinkt. Da der Dampferzeuger, wenigſtens in der Regel, auf der Erde oder gegen die Erdoberfläche vertieft aufgeſtellt wird, ſo iſt das allgemeine Schema des Längenprofiles einer Dampfheizungsleitung dasjenige, welches Fig. 220 verſinnlicht. Zunächſt ſoll der Dampf auf möglichſt kurzem Wege zur gröſsten geforderten Höhe emporgehoben werden und von hier aus, ſtetig fallend, nach den Orten gelangen, an welchen er gebraucht wird, in den Wärme abgebenden Körpern ferner fallen, bis zu unterſt Waſſer und Luft gemeinſchaftlich abflieſsen.

Fig. 220.

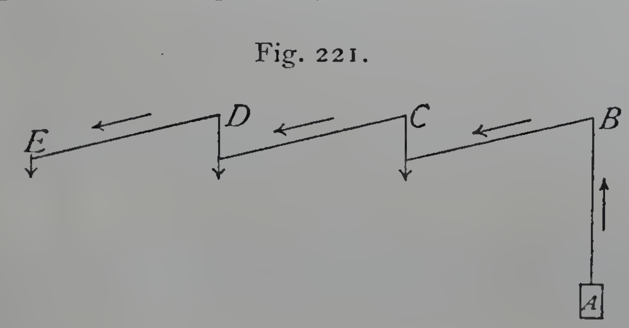


Dieſe Anordnung des Steigens vom Keſſel A bis zur gröſsten Höhe B und des nunmehrigen ununterbrochenen Fallens des Dampfes bis zum tiefſten Punkte gab *Snodgraſs* ſchon Anfang dieſes Jahrhundertes an [161]).

Groſse Anlagen gewähren nicht immer die nöthige Fallhöhe, um das ſtetige Fallen der Leitungen durchführen zu können; auch bringen dieſelben ſolche Waſſermengen hervor, daſs der Umfang der Röhren längs eines zu groſsen Bogens mit Waſſer benetzt wird, ſo daſs man ſich oft entſchlieſsen muſs, das Waſſer und möglichſt auch die Luft an mehreren Orten abflieſsen zu laſſen. Die grundſätzliche Anordnung (vergl. Fig. 221) wird hierdurch nicht geändert.

Bei Inbetriebſetzung der Heizung verdichten die kalten Röhren weſentlich gröſsere Dampfmengen, als ſpäter, nachdem die Wandungen derſelben durchwärmt ſind; alsdann wird ein nicht unbedeutender Theil der unteren Röhrenfläche mit Waſſer bedeckt. Das Waſſer hat zur Zeit ſeiner Bildung dieſelbe Temperatur, wie der Dampf. Während ſeines Weiterſtrömens kommt dasſelbe fortwährend mit neuen kalten Flächen in Berührung, die ihm Wärme entziehen,

Fig. 221.



161) Siehe: NICHOLSON. *Journal of natur. philoſ.*, Mai 1807.

während ihm keine Wärme zugeführt wird; es wird daher ftark abgekühlt. Ich habe häufig beobachtet, dafs bei Inbetriebfetzung das zunächft abfliefsende Waffer weniger als 20 Grad warm war. Die nicht vom Waffer bedeckte Fläche ift dagegen mit dem Dampf in Berührung, wefshalb ihre Temperatur, wenn auch nur für kurze Zeit, wefentlich höher ift, als jene. Die grofsen Temperatur-Unterfchiede veranlaffen Molecular-Verfchiebungen, die von lebhaftem Geräufch begleitet find. Je rafcher die Erwärmung und je träger der Wafferablauf ftattfindet, um fo heftiger ift das Nerven erfchütternde Geräufch, um fo gröfser das Zittern der Röhren. Dies ift ein Grund mehr, die Leitung nach dem Schema der Fig. 221 zu zerlegen, bezw. zahlreichere Stellen für den Wafferablauf zu fchaffen.

277.
Abführung des Niederfchlags-waffers.

An den zu Abflufsftellen beftimmten Orten kann man Hähne anbringen, welche nach Bedarf geöffnet werden und das Waffer in eine befondere Röhrenleitung oder auch in das Freie ablaufen laffen. Die Mengen des verdichteten Waffers wechfeln jedoch; man mufs defshalb entweder die Hähne fo weit öffnen, dafs diefelben unter allen Umftänden den erforderlichen freien Querfchnitt haben; alsdann wird zeitweife der Hahnquerfchnitt nicht vom Waffer gefüllt, fo dafs neben dem Waffer auch Dampf ausftrömt, oder man mufs, um den Dampfverluft zu verhüten, fich bequemen, die Hahnftellung häufiger zu regeln. Zu diefem Ende läfft man das Waffer und die Luft fich in einem unter der Röhre befindlichen Gefäfs fammeln und öffnet oder fchliefst den Hahn innerhalb gröfserer Zeitabfchnitte.

278.
Selbftleerer.

Die Waffer- und Luft-Abführung einer umfangreicheren Dampfheizungs-Anlage läfft fich auf diefem Wege, jedoch nur unter Aufwand zeitraubender Arbeit, verrichten, wefshalb man fchon in den zwanziger Jahren unferes Jahrhundertes felbftthätige Condenfationswaffer-Ableiter oder »Automaten« oder, wie ich die Vorrichtungen kurz nennen will, Selbftleerer kannte.

Auch die Selbftleerer bedürfen eines Sammelgefäfses. Befindet fich in diefem Gefäfse weder Waffer noch Luft, fo ift daffelbe mit Dampf gefüllt, alfo mit einer Flüffigkeit geringen Einheitsgewichtes und der dem übrigen Dampfe gleichen Temperatur. Enthält das Gefäfs Waffer, fo ift gegenüber dem erftgenannten Zuftande eine fchwerere Flüffigkeit vorhanden, welche Aenderung zum Freilegen einer geeigneten Abflufsöffnung benutzt werden kann, die gefchloffen wird, fobald die fchwerere Flüffigkeit, das Waffer, nicht mehr vorhanden ift.

Eine Füllung des Gefäfses mit Waffer oder Luft hat die Folge, dafs fich daffelbe allmählig abkühlt, während der Dampf die feiner Spannung entfprechende Temperatur beibehält. Wenn daher Waffer oder Luft in dem mehr genannten Gefäfse fich befindet, fo tritt in demfelben eine niedrigere Temperatur ein, als wenn fein Inhalt Dampf ift.

Sonach find zwei Erfcheinungen vorhanden, welche zum felbftthätigen Entleeren des Sammelgefäfses benutzt werden können: die gröfsere Dichte und die niedrigere Temperatur des Auszuleerenden [162]).

1) Selbftleerer, welche das andere Einheitsgewicht der Gefäfsfüllung benutzen. Die ältefte hierher gehörige Einrichtung dürfte die durch Fig. 222 verfinnlichte fein.

A bezeichnet die Dampfröhre, *BCD* eine zweifchenkelige Röhre, welches gleichzeitig Sammelgefäfs und Selbftleerer ift; bei *D* vermag das Waffer frei abzufliefsen. Vermöge des in *A* herrfchenden Dampf-

[162]) Siehe: FISCHER, H. Ueber Kondenfationswafferableiter. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 20.

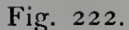
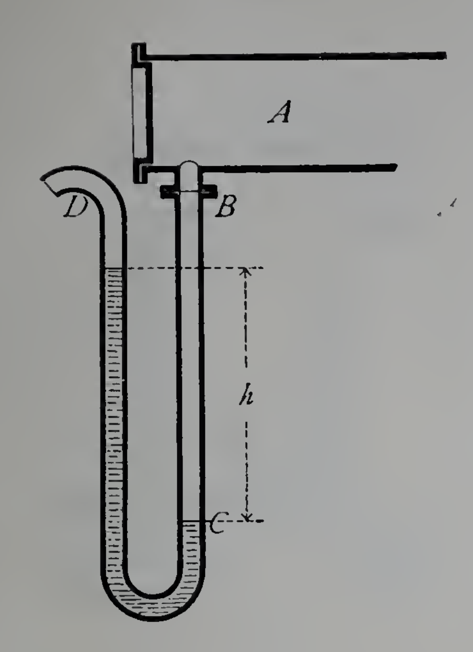


Fig. 222.



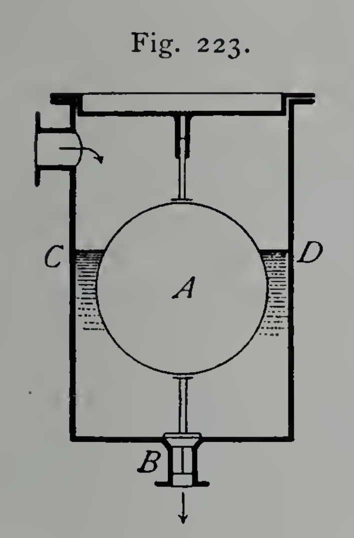
Selbſtleerer.

überdruckes liegt der Waſſerſpiegel *C* tiefer, als der Waſſerſpiegel *D*, und zwar um die Höhe *h*. Drückt man den Dampfüberdruck für 1^{qm} (in Kilogr.) aus, ſo iſt die betreffende Zahl, wie früher (Art. 180, S. 162) bereits angegeben wurde, gleich der Höhe *h* (in Millim.). In Folge des unvermeidlichen Wechſels des Dampfdruckes ſchwingt die Waſſerſäule, und der Ausfluſs des Waſſers findet ruckweiſe ſtatt. Iſt die Höhe der Röhre *BCD* nicht nennenswerth gröſser als *h*, ſo kann in Folge einer ſolchen Schwingung der Waſſerſpiegel *C* durch den unteren Bogen hinweg in den links befindlichen Schenkel gedrückt werden, worauf der Reſt des Waſſers ausgeworfen wird und eine Neubildung des Verſchluſſes erſt nach Abſperrung des Dampfes erreicht werden kann. Man findet deſshalb in der Regel nur für geringeren Dampfdruck die nöthige Höhe zum Unterbringen der zweiſchenkeligen Röhre.

In allgemeinerem Gebrauch ſind daher die Selbſtleerer mit Schwimmkugeln, deren grundſätzliche Anordnung durch Fig. 223 wiedergegeben iſt.

Am Boden des Sammelgefäſses befindet ſich ein Ventil *B*, deſſen Kegel an der leichten Hohlkugel *A* hängt. *A* ſchwimmt im Waſſer; ſobald der Waſſerſpiegel *CD* genügend hoch geſtiegen iſt, ſo wird durch den Auftrieb der Kugel *A* der Ventilkegel gehoben, alſo dem Waſſer eine Abfluſsöffnung frei gelegt. Flieſst hier mehr Waſſer ab, als dem Sammelgefäſse zugeführt wird, ſo ſinkt der Waſſerſpiegel, mit dieſem die Kugel *A*, ſo daſs das Ventil entſprechend geſchloſſen wird. Der Selbſtleerer entläſſt alſo das Waſſer, ohne dem Dampf den Zutritt zur Ventilöffnung zu geſtatten. Leider wird dieſer Selbſtleerer durch den Dampfdruck nicht wenig beeinfluſſt, da die Oberfläche des Ventilkegels von dieſem niedergedrückt wird. Eine Schwimmkugel, deren Durchmeſſer 20^{cm} iſt, wiege mit Führungsſtange und Ventilkegel etwa 2^{kg}; das Waſſergewicht, welches ihren Raum einnehmen würde, iſt etwa 4^{kg}; folglich iſt der nutzbare Auftrieb 2^{kg}. Würde der Dampfüberdruck 10000^{kg} für 1^{qm} ſein, ſo würde der äuſsere Durchmeſſer des Ventilkegels etwa 16^{mm} betragen dürfen, ſo daſs der innere Durchmeſſer deſſelben oder derjenige des gröſsten Ausfluſsquerſchnittes nur etwa 12^{mm} ſein würde. Ein Dampfüberdruck von 50000^{kg} für 1^{qm} vermindert den zuläſſigen äuſseren Durchmeſſer des Ventilkegels ſogar auf 7^{mm}, alſo denjenigen der Abfluſsröhre auf etwa 5^{mm}.

Fig. 223.



Selbſtleerer mit Schwimmkugel.

Gröſsere Waſſermengen vermag dieſer Selbſtleerer ſonach nur dann zu bewältigen, wenn ſeine Schwimmkugel ſehr groſs iſt. Man hat, um dieſen Uebelſtand zu heben, die Schwimmkugel an das längere Ende eines Hebels gehängt, deſſen kürzeres Ende den Ventilkegel trägt, da der Weg des letzteren ein kleiner iſt, während derjenige der Kugel ohne Schwierigkeit ziemlich groſs gemacht werden kann; man hat ſtatt des einfachen Kegelventiles ein ſog. Doppelſitz-Ventil angewendet oder die Schwimmkugel an das Ende eines Hahnſchlüſſels geſteckt u. ſ. w.

Eine recht hübſche Löſung der vorliegenden Aufgabe rührt von *Dehne* in Halle a. S. her; ſie iſt aus Fig. 224 zu erſehen.

In das Sammelgefäſs *E* gelangt das Waſſer durch die Röhre *a* und das Sieb *z*, welches mitgeführte Unreinigkeiten, die den Ventilen ſchädlich ſein könnten, zurückhalten ſoll; *b* ſoll das Waſſer abflieſsen laſſen. Auf den Ventilſitz *F* legt ſich nun der eigenthümlich geſtaltete Ventilkegel *B*, der in der feſten Hülſe *C* auf- und niederzuſchieben iſt. In der Mitte des Ventilkegels befindet ſich eine mit *B* aus einem Stück angefertigte Röhre, deren obere Mündung zu einem Sitze des kleinen Ventiles *f* geſtaltet iſt. Die Hülſe oder das Gehäuſe *C* iſt oben durch einen Deckel *D* verſchloſſen. Das Ventilchen *f* iſt mit der Schwimmkugel *A* verbunden; ſobald dieſe ſich hebt, was leicht erfolgt, da der Querſchnitt des Ventiles *f* ſehr klein iſt, ſtrömt das Waſſer, welches ſich im Hohlraume über *B* befindet, nach unten aus, wodurch der Druck innerhalb dieſes Raumes niedriger wird, als derjenige im Gefäſse *E*. Es

Fig. 224.

Selbſtleerer von *Dehne* in Halle a. S.

drückt das Waſſer des Gefäſses E von unten ſo gegen den überſtehenden Rand des Ventilkegels B, daſs dieſer gehoben wird und eine gröſsere Ausfluſsöffnung frei legt. Sollte dieſe zu groſs ſein, ſo ſinkt der Waſſerſpiegel im Gefäſse E; die niederſinkende Kugel A ſchlieſst das Ventilchen f; da aber ſowohl an der ſich im Deckel D führenden Stange des Ventiles f, als auch an den Führungen des Ventiles B in C geringe Spielräume vorhanden ſind, ſo wird unter Vermittelung dieſer der Hohlraum über B mehr und mehr mit Waſſer gefüllt, der Druckunterſchied zwiſchen dem genannten Hohlraume und dem in E vorhandenen Waſſer verringert, ſomit der Ventilkegel B ſeinem Sitze genähert. Die Selbſtregelung iſt ſonach in vollem Maſse vorhanden.

Behuf ſicherer Führung der Kugel A ſteckt die über letzterer befindliche Verlängerung der Ventilſtange f in einer Hülſe, welche gleichzeitig zum Feſthalten des Gitters oder Siebes z dient. Der Stutzen c nebſt Hahn hat den Zweck, das Gefäſs E nach Bedarf vollſtändig entleeren zu können.

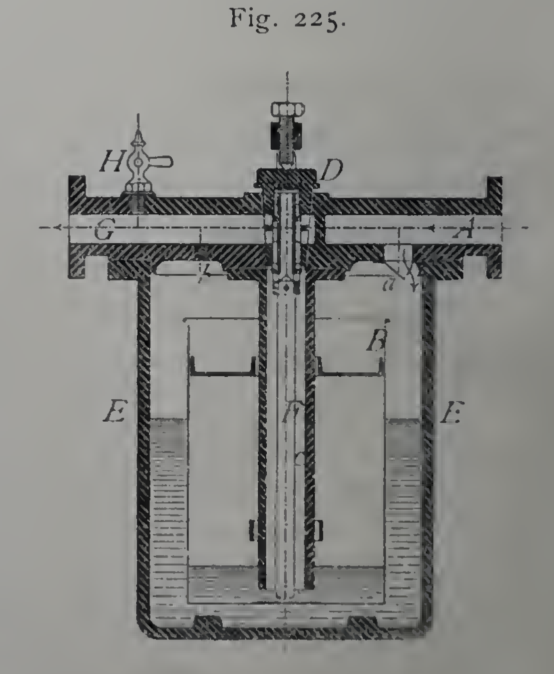
Wegen der Schwierigkeit, die Schwimmkugel waſſerdicht herzuſtellen und zu erhalten, hat man volle Schwimmkörper verwendet, deren Eigengewicht durch Gegengewichte ausgeglichen iſt.

Gröſsere Verbreitung haben diejenigen Selbſtleerer gefunden, welche nur dann in Thätigkeit treten, wenn eine gröſsere Waſſermenge ſich angeſammelt hat, dieſe Waſſermenge aber faſt ganz auf einmal auswerfen, ſo daſs eine Pauſe zum abermaligen Anſammeln von Waſſer eintritt.

Es mag hier von den vielen im Gebrauche befindlichen nur die Einrichtung von *Dreyer*, *Roſenkranz & Droop* in Hannover beſchrieben werden. Fig. 225 iſt ein lothrechter Durchſchnitt derſelben. Das Waſſer gelangt unter Vermittelung des mit dem Deckel des Geräthes gemeinſchaftlich gegoſſenen Röhrenſtückes A in das Sammelgefäſs E; ein Schirm a treibt das Waſſer gegen die Wandung des Gefäſses E, um einen zu lebhaften Wellenſchlag innerhalb deſſelben zu verhüten. An dem genannten Deckel iſt eine Röhre C befeſtigt, die zunächſt zur Führung des Gefäſses B dient. An der Axe dieſer Röhre iſt im Deckel ein leicht herausnehmbares Doppelſitzventil D angebracht, deſſen Stange F ſich auf den Boden des Gefäſses B ſtützt. Von dem Ventil D ab ſoll die Röhre G das Waſſer nach auſsen geleiten. Sobald nun Waſſer in das Gefäſs E gelangt, wird das Gefäſs B durch den entſtehenden Auftrieb gehoben und ſchlieſst, unter Vermittelung der Stange F, das Ventil D. Der Waſſerſpiegel in E ſteigt wegen des anhaltenden Zufluſſes mehr und mehr, bis das Waſſer, über den Rand des Gefäſses B hinwegflieſsend, in daſſelbe gelangt. Nachdem das Gefäſs bis zu einer gewiſſen Höhe gefüllt iſt, ſinkt es nieder; das Ventil D öffnet ſich, und der über dem Waſſer befindliche Dampfdruck treibt daſſelbe durch die Röhre C, das Ventil D, die Röhre G nach auſsen. Nach annähernder Leerung des Gefäſses B iſt der Auftrieb in der Lage, B zu heben und damit die Ausſtrömung zu unterbrechen.

Während die früher beſchriebenen Selbſtleerer auf die Entfernung der Luft gar keine Rückſicht nahmen, iſt beim vorliegenden derſelben durch Anbringen eines Röhrchens b Rechnung getragen. Durch deſſen Höhlung ſtrömt allerdings eben ſowohl Dampf als Luft; da jedoch, nach früheren Erörterungen, der Luftgehalt des Dampfes im Entleerer verhältniſsmäſsig am gröſsten und der Querſchnitt des Röhrchens b ein geringer iſt, ſo dürfte

Fig. 225.



Selbſtleerer von *Dreyer, Roſenkranz & Droop* in Hannover.

der Dampfverluſt gegenüber den Vortheilen einer dauernden Luft-Abführung nicht ſchwer in das Gewicht fallen. Zur Entfernung der bei Inbetriebſetzung heran ſtrömenden gröſseren Luftmenge dient theilweiſe der Lufthahn *H*, hauptſächlich aber ein beſonderer ſeitwärts von *A*, bezw. *G* angebrachter Lufthahn.

Zur Berechnung eines ſolchen Selbſtleerers mögen noch folgende Anhaltspunkte gegeben werden.

Der Ueberdruck des Dampfes wirkt auf das Doppelſitzventil *D*; deſſen Eigengewicht, ſo wie das Gewicht der Stange *F* müſſen zuſammengenommen gröſser ſein, als der Dampfüberdruck, der die Ringfläche zwiſchen dem kleinſten Durchmeſſer des kleinen und dem gröſsten Durchmeſſer des gröſseren Ventiles trifft. Der nutzbare Auftrieb des Gefäſses *B* muſs das Gewicht des Ventilkegels und ſeiner Stange *F* tragen können, alſo die durch *B* verdrängte Waſſermenge ſchwerer ſein, als jene Gewichte, vermehrt um das Gewicht des Gefäſses *B*.

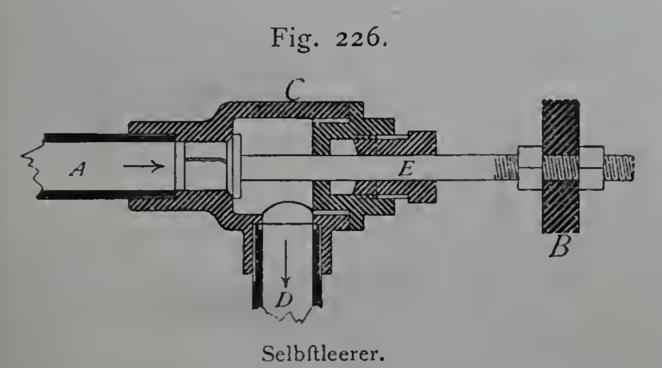
2) Selbſtleerer, welche den Temperatur-Unterſchied des Dampfes und des Waſſers oder der Luft, die angeſammelt ſind, für ihre Wirkſamkeit benutzen. In Folge des genannten Temperatur-Unterſchiedes dehnt ſich das Sammelgefäſs oder ein in demſelben befindlicher Körper, ſobald das Sammelgefäſs mit Dampf gefüllt iſt, mehr aus, als wenn der Inhalt des Sammelgefäſses aus Waſſer oder Luft beſteht.

Gebräuchlich ſind nur diejenigen Einrichtungen, bei welchen die Dehnungen des Sammelgefäſses, welches alsdann röhrenförmig geſtaltet iſt, benutzt werden.

Die Ausdehnungen der hier in Frage kommenden Metalle ſind für 100 Grad Temperatur-Unterſchied durchſchnittlich: für Guſseiſen 0,00111, für Stabeiſen 0,001235, für Kupfer 0,001718, für Meſſing 0,001868 der Länge. Will man daher eine nennenswerthe Bewegung des Ventils oder dergl. erreichen, ſo muſs entweder die Länge der betreffenden Röhre groſs oder die Temperatur des angeſammelten Waſſers, bezw. der Luft gegenüber derjenigen des Dampfes eine geringe ſein. Zur genügend raſchen Abkühlung des Waſſers, bezw. der Luft iſt eine entſprechende, von der Auſsenluft beſpülte Fläche nothwendig, welche aus früher genannten Gründen eine ſolche Lage, bezw. Geſtalt haben muſs, daſs ſie wechſelnd durch Dampf und Waſſer, bezw. Luft berührt werden darf. Es iſt vielfach zweckmäſsig, eine ſolche Heizfläche unter der eigentlichen Dampfheizfläche anzubringen, um einen Theil der Waſſerwärme noch benutzbar zu machen; in dieſem Falle ſind die in Rede ſtehenden Selbſtleerer den vorher beſprochenen überlegen.

Eine einfache Anordnung derſelben zeigt Fig. 226 im Schnitt. Die Sammelröhre *A* iſt in einiger Entfernung links an einer Wand oder einem kräftigen Brett befeſtigt, mit welcher gleichzeitig der Froſch *B* feſt verbunden iſt. Das rechtsſeitige Ende der Röhre *A* trägt das Ventilgehäuſe *C* mit der Abfluſsröhre *D*; in dem genannten Froſch *B* findet die Ventilſtange *E*, welche durch die Stopfbüchſe des Ventilhauſes *C* hindurchgeht, ihre Stütze. Iſt genügend abgekühltes Waſſer oder Luft in der Röhre *A* vorhanden, ſo hat dieſe eine geringere Länge, ſo daſs das Ventil ſeinen Sitz nicht berührt, alſo der Inhalt von *A* abzuflieſsen vermag. Dieſem folgt der Dampf, deſſen Temperatur ſehr bald die Röhre *A* ausdehnt und damit das Ventil ſchlieſst.

Fig. 226.

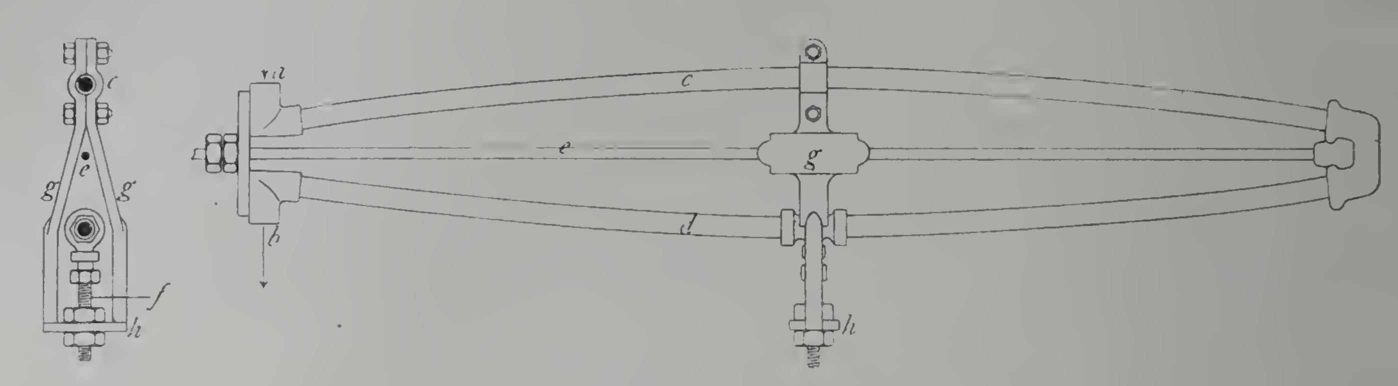


Selbſtleerer.

Vermag man eine ſolche Länge, welche die Röhre *A* beanſprucht, nicht unterzubringen, ſo empfiehlt ſich der *Kuſenberg*'ſche Selbſtleerer (Fig. 227). Derſelbe beſteht aus zwei gebogenen Röhren *c* und *d*, die rechts mit einander verbunden ſind, ſo daſs Dampf,

Waffer und Luft von *a* nach *b* frei durch diefelben hindurch zu ftrömen vermögen, wenn nicht ein in *a* eingefchaltetes Ventil diefes hindert. Bei fteigender Temperatur ihres Inhaltes dehnen fich die Röhren *c* und *d* aus; da jedoch die Spannftange *e* der einfachen Längenausdehnung eine Schranke fetzt, fo kann diefelbe nur zu Stande kommen, indem die Röhren *c* und *d* fich ftärker nach aufsen verbiegen. An der Röhre *c* find nun Stängelchen *g* (befonders in der Querfchnittsfigur zu erkennen) befeftigt, deren Quer-

Fig. 227.



Selbftleerer von *Kufenberg*.

ftück *h* die Ventilftange *f* trägt. Biegt fich fonach, in Bezug auf die Figur, *c* nach oben und *d* nach unten, fo nähert fich der an *f* befeftigte Ventilkegel dem Ventilfitz, bezw. fchliefst das Ventil; verringert fich jedoch in Folge der Abkühlung die Biegung der Röhren *c* und *d*, fo wird das Ventil geöffnet.

Wegen des Erforderniffes einer gröfseren Kühlfläche für die Thätigkeit der letztgenannten Selbftleerer find fie vorwiegend für Heizkörper geeignet, während die unter 1 befprochenen Einrichtungen für die Entwäfferung der Dampfleitungen fich beffer eignen.

Es ift ein Heer verfchiedener Anordnungen der Selbftleerer bekannt; die unten verzeichneten Quellen [163]) bieten bereits eine reiche Auswahl.

c) Conftruction und Einrichtung.

279. Stoffe.

Die Röhren werden von 5 cm Weite ab um 1 cm, von 10 cm Weite ab um 2,5 cm fteigend in Gufseifen ausgeführt. (Vergl. die Tabelle Theil I, Bd. 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches« Abth. I, Abfchn. 1, Kap. 6, unter b.)

Schmiedeeiferne Röhren findet man im Handel meiftens nach englifchem Mafs ausgeführt (vergl. die Tabelle in dem eben genannten Bande diefes »Handbuches«, Kap. 6, unter g), aber auch in anderen Mafsen und Abftufungen bis zu 30 cm Weite. Zu leichten Leitungen verwendet man auch Röhren aus ftarkem Weifsblech, welche, um fie gegen das Roften genügend widerftandsfähig zu machen, beiderfeitig mit gutem Anftrich verfehen werden. Kupferröhren werden ihres Preifes wegen nur in einzelnen Fällen gebraucht; noch feltener Meffingröhren.

280. Verbindung der gufseifernen Röhren.

Gufseiferne Röhren werden felten mittels Muffen (Fig. 228) verbunden, und dann nur, indem der Hohlraum der Muffe mit fog. Eifen- oder Roftkitt oder auch Spence-Metall gefüllt wird. Da beide beim Feftwerden fich ausdehnen, fo liegt die Gefahr des Zerfprengens der Muffe vor. Bei vorfichtiger Arbeit wird die Verbindung fo feft, dafs fie nur unter Zertrümmerung wenigftens eines Endes der betreffenden Röhre gelöst werden kann.

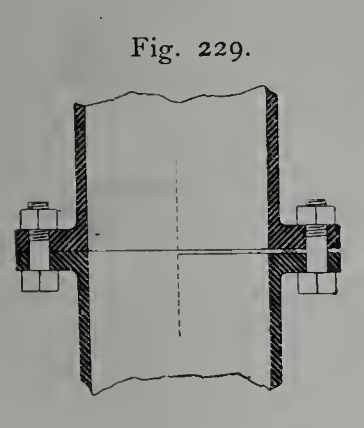
Fig. 228.

[163]) Polyt. Journ., Bd. 192, S. 7; Bd. 216, S. 13; Bd. 217, S. 9; Bd. 225, S. 20; Bd. 235, S. 19; Bd. 236, S. 14; Bd. 238, S. 497; Bd. 239, S. 259, 454; Bd. 240, S. 176; Bd. 245, S. 147, 199; Bd. 246, S. 392; Bd. 247, S. 197, 480; Bd. 256, S. 49, 97.

Die hieraus erwachfenden Unannehmlichkeiten laffen in den meiften Fällen die Anwendung der Muffenverbindung nicht räthlich erfcheinen.

Weit gebräuchlicher ift daher die Verbindung der gufseifernen Röhren durch Flanfche oder Scheiben (Fig. 229). Zwifchen die gut auf einander paffenden, zu diefem Ende fauber gedrehten Scheiben wird Kitt gelegt, indem man eine der Flächen vor dem Auflegen der anderen möglichft gleichmäfsig mit Mennigekitt oder Diamantkitt bedeckt. Paffen die Flächen nicht fehr gut auf einander, fo mufs der Kitt noch eine Stütze haben, um bei Erwärmung der Röhren nicht theilweife aus der Fuge gedrückt zu werden. Diefe Stütze befteht entweder aus in mehreren Ringen oder einer Spirale aufgelegtem Bindfaden, oder in beiderfeitig mit Kitt gut beftrichenen, feinen Drahtgeweben, »Sieb«. Für geringere Dauer beftimmte Dichtungen werden auch mit Hilfe einer Gummilage hergeftellt. Die dauerhafteften Dichtungen erhält man, indem man von der Verwendung des Kittes ganz abfieht, ftatt deffen einen Ring von weichem Kupferdraht, der mit Silberloth gelöthet ift, oder beffer einen Kupferring mit dreikantigem oder zickzackförmigem Querfchnitt verwendet (vergl. Fig. 229, rechte Hälfte). Das weiche Kupfer wird durch die Eifenfläche fo umgeftaltet, dafs es fich innig an diefe anfchliefst.

Fig. 229.

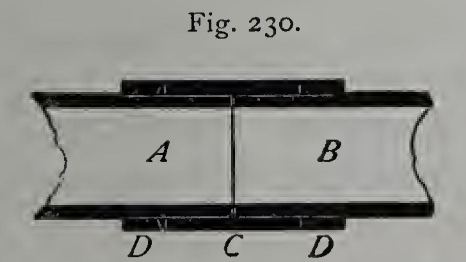


Auch Asbeft ift, in Pappengeftalt, ein ziemlich dauerhaftes Dichtungsmittel.

281. Verbindung der fchmiedeeifernen Röhren.

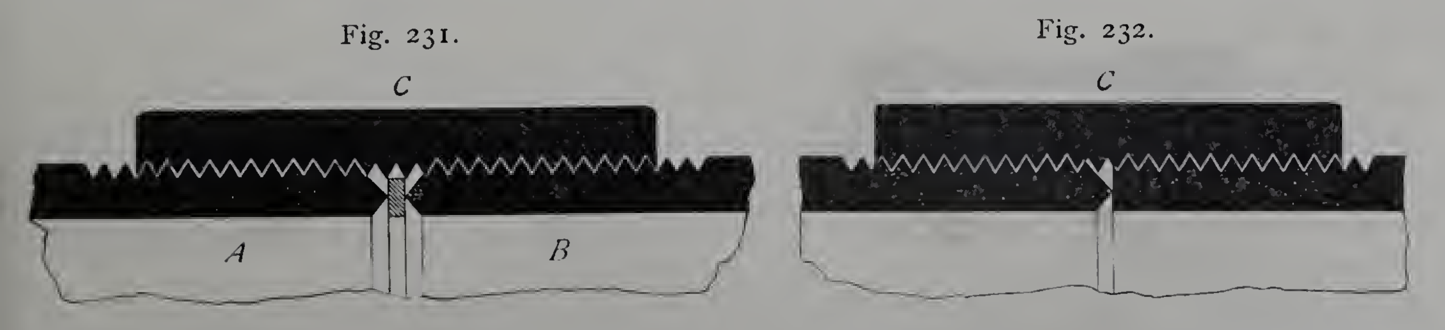
Schmiedeeiferne Röhren verbindet man bis zu 5 cm Weite derfelben faft immer mittels fog. Muffen, über diefes Mafs hinaus auch mittels Flanfche oder fog. Ueberwürfe. Die am wenigften gute, aber brauchbare Verbindung fchmiedeeiferner Röhren ftellt Fig. 230 dar. Auf beide in Frage kommende Enden A und B der Röhren ift rechtsgängiges Gewinde gefchnitten, in welches das Muttergewinde der Muffe C fafft. Die eigentliche Dichtung erzielt man, indem man kegelförmig ausgedrehte Gegenmuttern D gegen die Muffe fchraubt, nachdem ein mit Kitt beftrichener Hanfzopf eingelegt ift.

Fig. 230.



Sicherer find auch hier die metallifchen Dichtungen. Die neuere und gebräuchlichere zeigt Fig. 231. Eines der Röhrenenden ift mit linksgängigem, das andere mit rechtsgängigem Gewinde verfehen, zu denen felbftverftändlich die Gewinde der Muffe C paffen. Die Stirnfeiten der Röhrenenden find doppelt kegelförmig geftaltet, fo dafs auf denfelben fog. Schweinsrücken entftehen, welche, bei gehörigem Anziehen der Muffe, fich beide in einen Ring weichen Kupfers drücken.

Fig. 231. Fig. 232.



Die ältere, jedoch von Manchem defshalb der vorhin befchriebenen vorgezogene derartige Verbindung, weil fie ein anderes Metall vermeidet, ift durch Fig. 232 im Längenfchnitt wiedergegeben. Hier find die Gewinde ebenfalls rechts- und links-

gängig, aber nur eine Stirnſeite der Röhren mit Schweinsrücken verſehen, während die gegenüber liegende Stirnſeite eben iſt. Es muſs daher eine gegenſeitige Verdrückung des Schmiedeeiſens ſtattfinden, welche unſchwer gelingt, wenn die einzelnen Theile mit gröſster Genauigkeit ausgeführt ſind.

Wegen des Widerſtandes, welchen die gegen einander gepreſsten Gewindegänge der austretenden Flüſſigkeit entgegenſetzen, iſt bei Prüfungen der Röhrenverbindungen erſt nach längerer Zeit deren Undichtheit zu erkennen. Man durchbohrt deſshalb nicht ſelten die Muffe der Dichtungsſtelle gerade gegenüber, ſo daſs das Lecken einer Verbindung ſich ſofort bemerklich macht.

Fig. 233.

Die Flanſche ſchmiedeeiſerner Röhren verlöthet oder verſchweiſst man mit den Röhrenenden oder nietet ſie dort feſt.

Die Bundringe werden meiſtens aufgeſchweiſst. Man legt dann entweder ſog. loſe Flanſche *A* (Fig. 233) hinter die Bundringe oder bedient ſich der Schelle *C* (Fig. 234), welche hinter den Bundring des Röhrenendes *B* ſich legt und mit ihrem Muttergewinde in das Gewinde des Röhrenendes *A* faſst. Das Anziehen der Schelle erfordert eine ziemlich groſse Drehkraſt, der die — mittels Zangen feſt gehaltenen — Röhren widerſtehen müſſen; ferner haben die in Fig. 233 u. 234 dargeſtellten Verbindungen den Fehler, daſs die Flanſche, bezw. Schellen vor dem Anſchweiſsen, bezw. Löthen der Bundringe auf die Röhren geſteckt werden müſſen. Beide oft recht unangenehme Uebelſtände werden durch die von mir ſeit 1875 verwendete Verbindung gehoben, welche Fig. 235 im Querſchnitt und in theilweiſem Längenſchnitt verſinnlicht. Hinter die Bundringe *A*, *B* ſind die Bogenſtücke *D*, *E* gelegt, auf welche die Schelle in geeigneter Weiſe einwirkt, wie aus dem Längenſchnitt ſofort erkannt werden kann. Da die Bogenſtücke nachträglich eingelegt werden können und die kleinſte Weite der Schelle gröſser iſt, als der gröſste Durchmeſſer der Bundringe, ſo vermag man

Fig. 234.

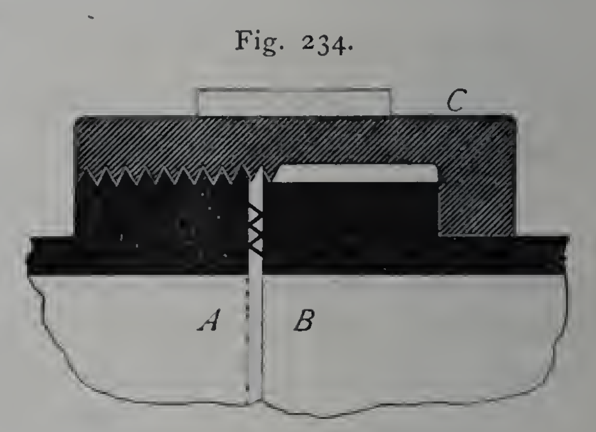
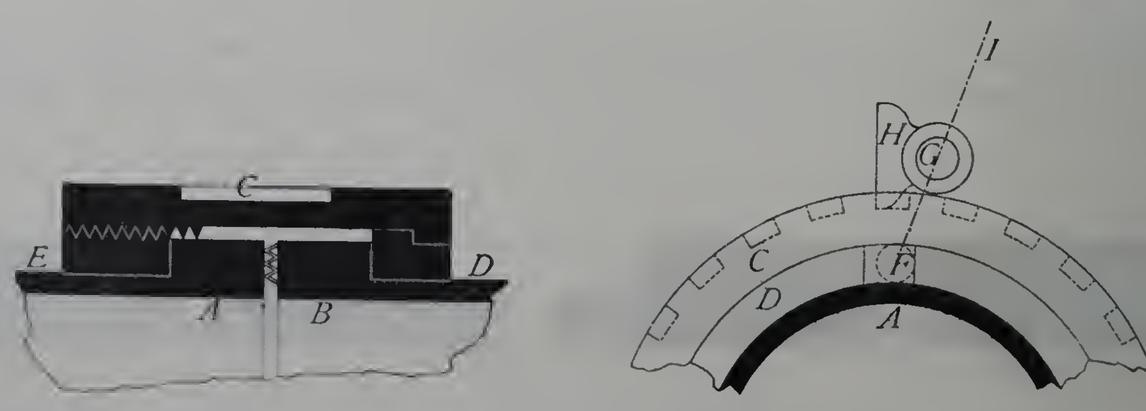
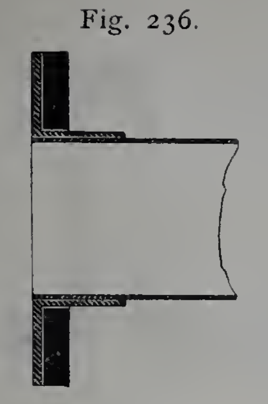


Fig. 235.



dieſe fertig zu machen, bevor die Schellen auf die Röhren geſteckt werden. Das Drehen der Schelle den Bogenſtücken *D* und *E* gegenüber findet ſtatt, indem man eine zu dieſem Zwecke geeignet geſtaltete Zange mit einander gegenüber liegenden Zapfen *F* in den Spielräumen, die zwiſchen den Enden der Bogenſtücke liegen, ſtützt und die Klinke *H* nach der gewünſchten Drehrichtung in Vertieſungen der Schelle *C* einfaſſen läſst. Durch Drehung der Zange *F G I* erfolgt alsdann die Drehung der Schelle, ohne nennenswerthe Beanſpruchung der Röhren.

Fig. 236.



Die Dichtung dieſer Verbindungen erfolgt in derſelben Weiſe, wie bei guſseiſernen Röhren.

282.
Verbindung der kupfernen Röhren.

Kupferne Röhren werden mit ſchmiedeeiſernen oder meſſingenen Endſtücken ähnlicher Geſtalt, wie hier erörtert, verlöthet und in der zugehörigen Art verbunden. Zuweilen löthet man auch einen Stulp von ſtarkem Kupferblech auf jedes Röhrenende und legt einen ſchmiedeeiſernen oder guſseiſernen Flanſch hinter jeden Stulp (Fig. 236).

283.
Abzweigungen, Ablenkungen, Krümmungen.

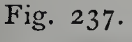
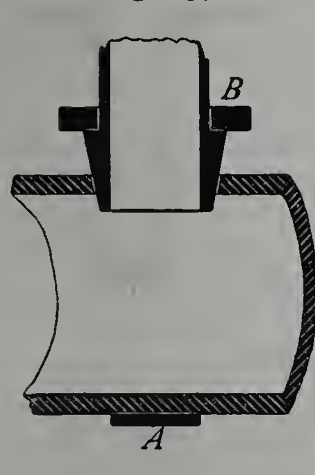


Fig. 237.



Die Abzweigungen der guſseiſernen Röhren werden durch Stutzen oder beſonders eingelegte **T**-Stücke gebildet. Gebräuchliche Schenkellängen (von Mitte Röhre bis Flanſchenfläche) enthält die oben angezogene Tabelle. Kann eine Abzweigung nicht von vornherein vorgeſehen werden, ſo bedient man ſich der durch Fig. 237 wiedergegebenen Verbindungsweiſe. In die Wandung der Röhre iſt ein kegelförmiges Loch gebohrt, in welches das kegelförmig zugeſpitzte, genau paſſende Ende der Zweigröhre gepreſſt wird. Zuweilen legt man auch hier einen weichen Kupferring ein. Das Anpreſſen findet unter Zuhilfenahme eines Bügels *A* ſtatt, welcher um die Röhre gelegt wird, und deſſen zu Schrauben ausgebildete Schenkel durch das Querſtück *B* geſteckt ſind.

Ablenkungen und Krümmungen werden mit Hilfe im Handel vorkommender Bogenſtücke (vergl. die mehrfach angezogene Tabelle) oder durch eigens für den Bedarf geſtaltete Röhren erreicht.

Für ſchmiedeeiſerne Röhren verwendet man ähnliche **T**-, **L**-, Bogen- und Verjüngungsſtücke, wie für Gasleitungen (vergl. Art. 45, S. 46), oder — bei gröſseren Weiten — guſseiſerne Anſchluſsſtücke. Krümmungen werden, ſo fern der Krümmungshalbmeſſer den dreifachen Röhrendurchmeſſer nicht unterſchreitet, auch durch Biegen der Röhren hergeſtellt.

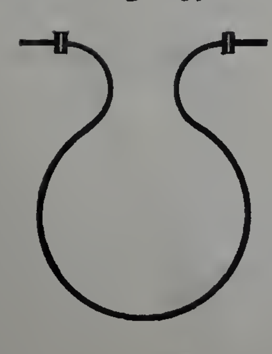
Fig. 238.



284.
Längenausgleicher.

In Art. 278 (S. 257) wurden die Dehnungen der Metalle in Folge der Temperatur-Veränderungen angegeben. Da die hier in Frage kommenden Röhrenleitungen ausnahmslos erheblichen Temperaturſchwankungen unterworfen und oft ſehr lang ſind, ſo ſind Ausgleicher oder Compenſatoren für die Längenveränderungen einzuſchalten. Sehr einfach und wirkſam iſt die Längenausgleichung zu erreichen, wenn die Leitung eine rechtwinkelige Ablenkung erfährt (Fig. 238), indem alsdann die betreffende knieförmige Röhre nur die erforderliche Biegſamkeit zu haben braucht, um der Dehnung des zugehörigen Röhrenſtranges nachgeben zu können. Innerhalb eines gerade fortlaufenden Röhrenſtranges ſchaltet man in demſelben Sinne auch nach Fig 239 gebogene Röhren ein.

Fig. 239.



Für die Abmeſſungen derartiger, allgemein beliebter Schleifen habe ich folgende Erfahrungszahlen bewährt gefunden. Die Schleife iſt aus Kupfer angefertigt, die Röhrenweite heiſse *D*, die Höhe der Schleife, von der Röhrenleitungsmitte bis zur ent-

fernteften Mitte der fchleifenförmig gebogenen Röhre A, die Leitungslänge, deren Dehnung die Schleife aufnehmen foll, L; alsdann ift anzunehmen:

für gefchloffene Dampf- und Wafferheizungen . . . $A = \sqrt{D L}$,
für offene oder Niederdruck-Dampf- und Wafferheizungen $A = 0{,}8 \sqrt{D L}$.

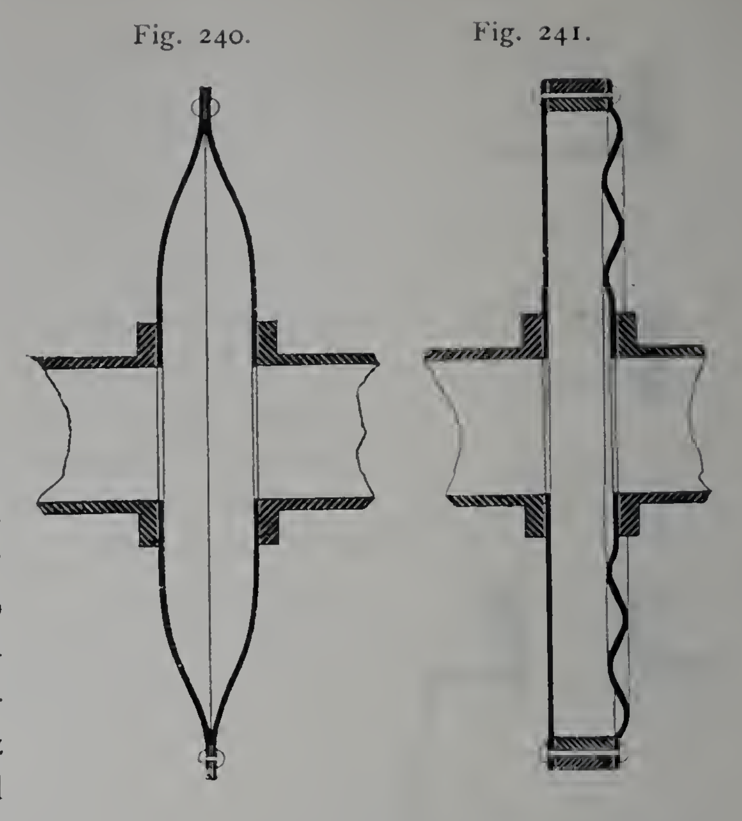


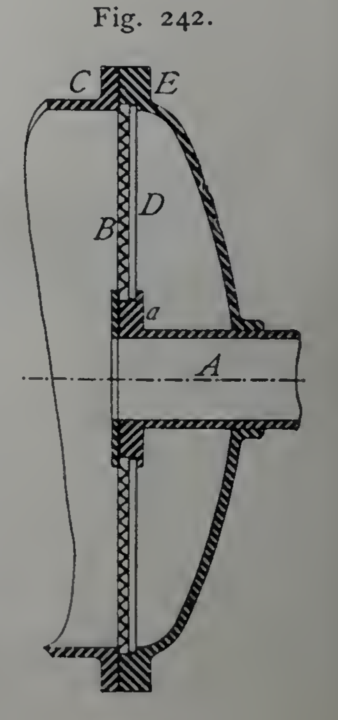
Fig. 240. Fig. 241.

Längenausgleicher.

In Berückfichtigung deffen, was weiter oben über das Längenprofil der Röhrenleitungen gefagt wurde, ift das Anbringen derartig krummer biegfamer Röhren nicht immer thunlich, wefshalb man einen aus biegfamen Platten gebildeten Ausgleicher (Fig. 240) oft verwendet findet. Es ift nun nicht ganz zu vermeiden, dafs Schmutztheile irgend welcher Art in die Röhren gelangen oder in denfelben gebildet werden. Diefelben werden durch die Strömung der betreffenden Flüffigkeit fortgefpült, bis fie geeignete Ablagerungsorte, wie die Erweiterung, welche Fig. 240 bildet, auffinden; fie finken im keilförmigen Ausgleicher nieder und werden dort allmählig dermafsen verdichtet, dafs aus ihnen ein fefter Körper wird. Diefer hindert die freie Beweglichkeit der biegfamen Platten und führt nicht felten zum Bruche derfelben. Daher ift die durch Fig. 241 wiedergegebene Anordnung zweckmäfsiger, indem fie mehr Raum für die Ablagerungen gewährt. Behuf Erreichung einer gröfseren Biegfamkeit werden die Platten, wie in der rechten Hälfte von Fig. 241 angedeutet ift, auch mit wellenförmigem Querfchnitt hergeftellt.

Die angeführten fcheibenartigen Längenausgleicher gewähren eine nur geringe Verfchiebbarkeit, weil die Platten ftark genug fein müffen, um dem Ueberdrucke der geleiteten Flüffigkeit dauernd widerftehen zu können. Der von der New-Yorker *Steam-Comp.* benutzte und durch Fig. 242 verfinnlichte Längenausgleicher ift ihnen gegenüber wefentlich vortheilhafter [164]).

Fig. 242.

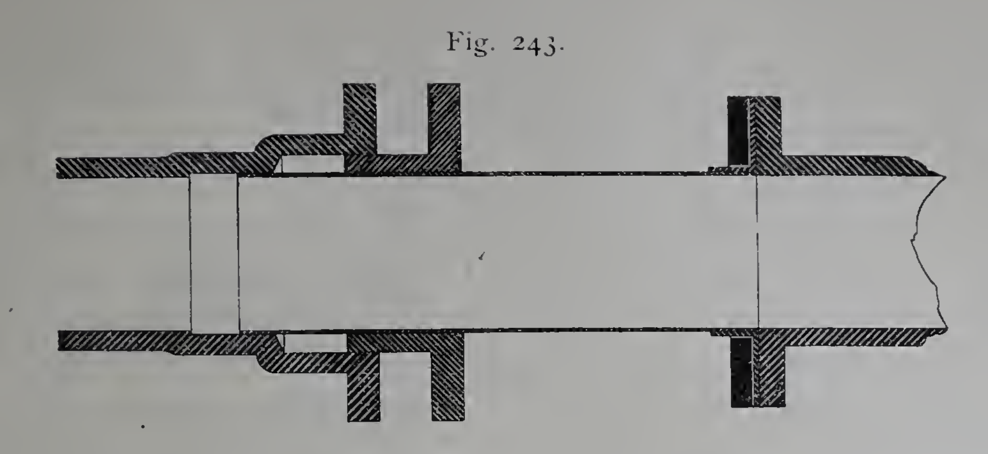


A bezeichnet das Ende einer der beiden Röhren. Es ift mittels der fehr dünnen gewellten Kupferplatte B mit dem Ringe C dicht verbunden; an C fchliefst fich in gleicher Weife das Ende der anderen Röhre. B wird nun dadurch befähigt, dem Ueberdrucke der geleiteten Flüffigkeit zu widerftehen, dafs man die Platte durch zahlreiche keilförmige und fteife Platten D ftützt, welche mit einem Ende in einen Falz des Ringes E, mit dem anderen in einen Falz des Flanfches a greifen. Die Steifheit der gewellten Platte braucht fonach nur eine geringe zu fein.

Die fcheibenförmigen Ausgleicher find ihres Raumbedarfes halber nicht immer unterzubringen, fo dafs man in einzelnen Fällen die Stopfbüchfe (Fig. 243) als Ausgleicher benutzen mufs. Am betreffenden Orte ift eines der Röhrenenden mit

[164]) Siehe: Centralbl d. Bauverw. 1883, S. 76.

Fig. 243.



der eigentlichen Stopfbüchfe, das andere mit einem möglichft glatten, behuf Erhaltung der Glätte meiftens aus Kupfer oder Meffing verfertigten Röhrenanfatz ausgeftattet. Da die Packung der Stopfbüchfe gefchmiert werden mufs, die Schmiere aber in Folge der Wärme verharzt, auch die verfchiedenartige Dehnung der Stopfbüchfentheile zu Klemmungen Veranlaffung giebt, fo bieten die Stopfbüchfen bei mangelhafter Wartung, bezw. fehlerhafter Einrichtung einen fo grofsen Widerftand, dafs fie den Dehnungen des betreffenden Röhrenftranges nicht nachgeben, vielmehr zu Röhrenbrüchen oder Aehnlichem führen. Man wendet die Stopfbüchfe defshalb fehr ungern an.

285. Stützung der Röhren.

Um die Ausgleicher für die ihrer Wirkfamkeit zugedachte Röhrenftrecke ficher benutzbar zu machen, befeftigt man die Leitung an geeigneten Punkten. Wird dies verfäumt, weist man nicht jedem Ausgleicher ein ganz beftimmtes Gebiet an, fo wirken die fteiferen oder überhaupt mehr Widerftand leiftenden Ausgleicher gar nicht, während die fchwächeren, zu weit gehender Nachgiebigkeit gezwungen, vielleicht zerbrochen werden. Da die an der Hauptröhre befeftigten Zweigröhrenenden mit erfterer fich verfchieben müffen, fo ift eine folch unbeabfichtigte Bewegung der erfteren auch den Zweigröhren gefährlich.

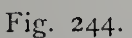


Fig. 244.

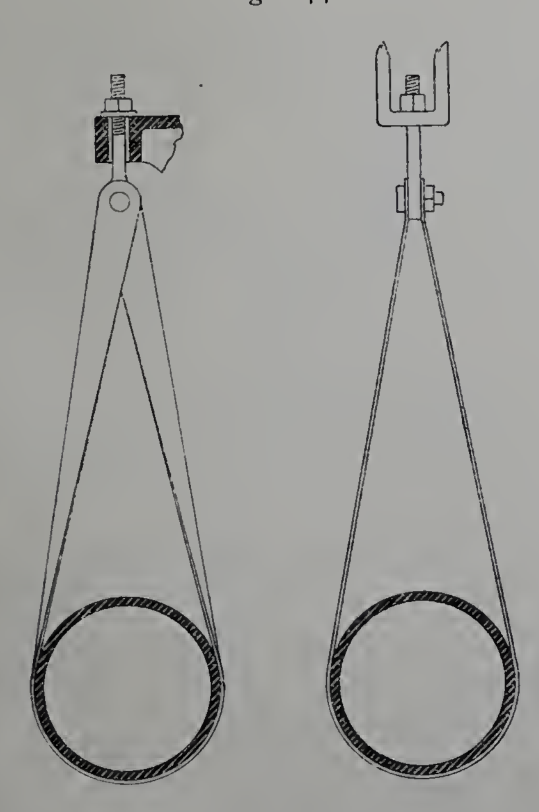
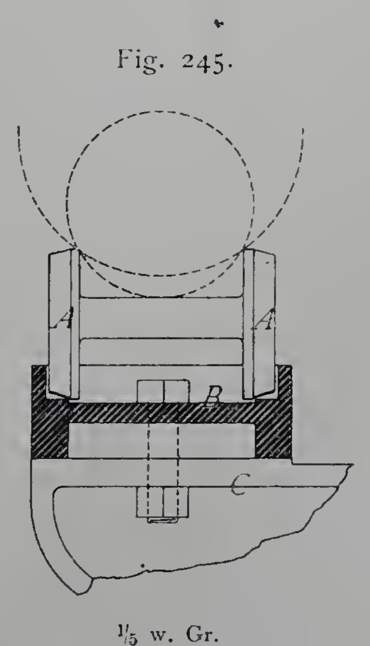


Fig. 245.

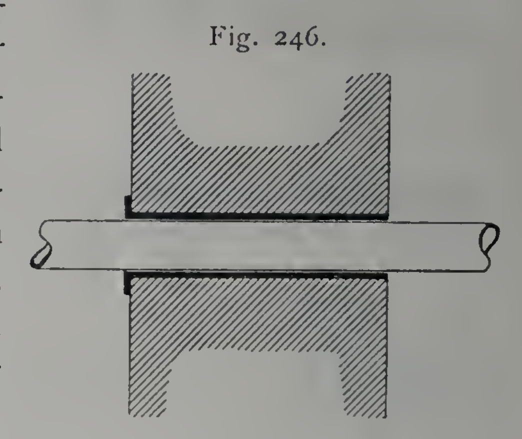


1/5 w. Gr.

Alle übrigen Stützpunkte follen die Beweglichkeit der Röhren möglichft wenig hemmen. Die zweckmäfsigfte Stützung der Röhren ift defshalb die Aufhängung an pendelartig beweglichen Bändern, wie Fig. 244 diefelbe in zwei verfchiedenen Arten angiebt. Die Schrauben, an welchen die dünnen Eifenbänder hängen, gewähren vortreffliche Gelegenheit zur Hervorbringung einer genauen Höhenlage der Röhren. Sonft legt man die Röhren auf Rollen *A* (Fig. 245), deren Bahnen *B* auf Mauern oder Wandarmen *C* befeftigt find. Die hier gezeichnete Geftalt der Rollen fichert den guten Lauf derfelben und geftattet, diefelben Rollen für verfchiedene Röhrendurchmeffer zu verwenden. Leichtere und nicht fehr lange Röhrenftränge vermögen auf feften Unterlagen zu gleiten.

An denjenigen Stellen, an welchen aus weiter oben angegebenen Gründen die Röhrenleitung feft gehalten werden foll, kann man fie natürlich ohne Bedenken unmittelbar vom Mauerwerk umfchliefsen laffen; durchbricht aber die Röhrenleitung aufserdem Wände oder Decken, fo foll man ihr den für ihre Dehnungen erforderlichen freien Spielraum laffen. In der Regel kommen Röhrenverfchiebungen, als Folge des Temperaturwechfels, nur in der Längenrichtung der Röhren vor. Es genügen dann eingefchobene Büchfen (Fig. 246), die an ihren Enden nach Umftänden mit verzierten Reifen verfehen werden, um Ausbröckelungen der Wände u. dergl. zu verhüten.

Fig. 246.



286. Schonung der Röhrenleitungen.

Die wechfelnden Dehnungen der Röhren, auch wenn man in jeder Beziehung für deren Freiheit geforgt hat, fchädigen die Dauerhaftigkeit der Leitungen, gefährden insbefondere die Dichtheit der Verbindungen. Naturgemäfs find plötzliche Temperaturänderungen fchädlicher, als allmählig verlaufende. Solche plötzliche und dabei noch einfeitige Temperaturänderungen, bezw. Röhrendehnungen treten nun namentlich auf, wenn in bisher kalt liegende Röhren Dampf gelaffen wird. Das eintretende knackende Geräufch, ja das durch die gewaltigen Erfchütterungen veranlaffte Hinwegfchleudern des auf den Röhren lagernden Staubes laffen die in diefen und ihren Verbindungen auftretenden, jeder Berechnung fpottenden Kräfte nur ahnen.

Die Röhrenleitungen der Wafferheizungen erwärmen fich allmählig; vermöge der gebotenen Zeit und der grofsen Wärmeleitungsfähigkeit des Metalles findet daher ein jene Zuftände verhütender Wärmeausgleich ftatt.

Bei Dampfleitungen follte man Aehnliches anftreben. Dies kann theilweife durch den Betrieb vermittelt werden, welchen ausführlich zu erörtern hier der Raum fehlt. Aber auch die Anlage, ja die grundlegenden Gedanken derfelben find für den vorliegenden Umftand von ausfchlaggebender Bedeutung.

Man foll, fo weit möglich, die Anlage fo anordnen, dafs die Röhrenleitungen, in welche der Dampf tritt, möglichft felten in oder aufser Betrieb geftellt werden, oder was auf daffelbe hinaus läuft, während der Heizzeit möglichft ftetig in Benutzung find.

Man findet nicht felten bei freier durchgebildeten Anlagen im oder nahe beim Keffelraume einen Ventilftock, von dem aus die einzelnen Räume oder doch Gruppen derfelben mit Dampf verforgt werden, und einen zweiten, an welchem das Niederfchlagswaffer eintrifft. Man beabfichtigt damit, die Bedienung zu erleichtern. Der Heizer vermag ohne viel Zeitaufwand die betreffenden Räume oder Zimmergruppen von der Heizung auszufchliefsen, bezw. die Heizung für diefelben in Betrieb zu fetzen. Man ftrebt auch wohl Wärmeerfparnifs an, indem die ausgefchalteten Röhrenleitungen am Wärmeverluft (fcheinbar) nicht theilnehmen. Während der erftgenannte Zweck thatfächlich erreicht wird, entfpricht der Erfolg dem letztgenannten in den felteníten Fällen. Jener Annehmlichkeit gegenüber fchafft man fich aber den erheblichen Nachtheil, die Zerftörung der Leitungen auf das lebhaftefte zu fördern; das von Manchem als grofse Unannehmlichkeit empfundene heftige Geräufch verfchwindet gegen den wahren Nachtheil; es ift nur ein äufserliches Zeichen deffelben.

Mir find manche Niederdruck-Dampfheizungen bekannt, deren Leitungen in oberflächlichfter Weife ausgeführt find; fie unterliegen aber während der ganzen

Heizzeit faſt genau gleichen Temperaturen und ſind deſshalb bisher (ſeit 6 bis 8 Jahren) in tadelloſem Betriebe.

Das ſtetige Heizen, welches auch aus anderen Gründen (ſiehe weiter unten) ſich empfiehlt, iſt demnach auch für die Schonung der Röhrenleitungen, insbeſondere bei Dampfheizungen von hohem Werthe.

287. Ausdehnungs-gefäſse.

Die Ausdehnung des Waſſers iſt weſentlich gröſser, als die Ausdehnung der Metalle; man muſs daher erſterer beſonders Rechnung tragen.

Niederdruck-Waſſerheizungen werden zu dieſem Ende am höchſten Punkte der Leitung mit einem entſprechend groſsen, offenen Ausdehnungsgefäſs E in Fig. 210 (S. 246), bezw. B in Fig. 216 (S. 250) verſehen. Die offenen Gefäſse geſtatten eine fortwährende Verdunſtung des warmen Waſſers, was bei Gewächshaus-Heizungen angenehm iſt, aber bei anderen Heizungen oft zu groſsen Unzuträglichkeiten führt, indem das verdunſtete Waſſer ſich an kälteren Flächen niederſchlägt und an den Mündungen der Röhren, welche es in das Freie führen ſollen, gefriert. Es iſt daher ſelbſt bei Niederdruck-Heizungen zweckmäſsig, die Röhrenleitung zu ſchlieſsen und zwar mittels eines wenig belaſteten Ventiles.

Fig. 247.

Ausdehnungsgefäſs. — $1/_{10}$ w. Gr.

Fig. 247 iſt der Durchſchnitt eines mit einem derartigen Ventil ausgeſtatteten Ausdehnungsgefäſses.

A bezeichnet das obere Ende der Steigröhre, auf welchem das aus Eiſenblech angefertigte Ausdehnungsgefäſs B befeſtigt iſt. Die Verlängerung der Steigröhre bildet den Ventilkörper C, deſſen oberes Ende das gut geführte und wenig belaſtete Ventil D ſchlieſst. Sobald ſich das Waſſer der Leitung in Folge der Erwärmung ausdehnt, wird das Ventil D gehoben, ſo daſs erſteres in das Gefäſs B auszuflieſsen vermag. Nach Abkühlung der Leitung entſteht, wegen des Zuſammenziehens des Waſſers, im Ventilkörper C ein leerer Raum, welcher die Atmoſphäre befähigt, das Waſſer des Gefäſses B durch das Ventil E in den Ventilkörper C zurück zu drücken. Die Anordnung ſichert die ſelbſtthätige Entlüftung der Leitung in derſelben Weiſe, wie die offene Röhre, indem die Luft ſich zu oberſt ſammelt, alſo bei jedesmaliger Erwärmung des Waſſers zunächſt ausflieſst. Beim Füllen der Leitung muſs man natürlich das Ventil D heben.

Unvorſichtige Bedienung der Heizung kann eine Dampfbildung herbei führen. Die gebildeten Dampfblaſen ſteigen mit groſser Entſchiedenheit nach oben, verurſachen Erſchütterungen und werfen eine gröſsere Waſſermenge vor ſich her, ſelbſt wenn die Steigröhre möglichſt unmittelbar vom Heizkeſſel zum Ausdehnungsgefäſs führt. Dieſe Waſſermaſſen kann man bei Berechnung der Gröſse des Ausdehnungsgefäſses nicht berückſichtigen. Es iſt deſshalb das Gefäſs B mittels eines Deckels geſchloſſen und eine Röhre G angebracht, welche ſowohl den Dampf, als auch das im Uebermaſs anſtrömende Waſſer abzuleiten vermag. Um dem Wärter Gelegenheit zur Beobachtung des Waſſerſtandes im Inneren des Ausdehnungsgefäſses zu geben, bringt man an demſelben ein ſog. Waſſerſtandsglas an; die in Fig. 247 vorgeſehene Einrichtung dürfte jedoch ſich mehr empfehlen. Es iſt nämlich eine Röhre F im Deckel des Gefäſses befeſtigt. Steckt man in dieſe einen Holzſtab, ſo ſchwimmt derſelbe im Waſſer der Röhre, ſo daſs er mehr oder weniger über dem Deckel des Gefäſses hervorragt, je nachdem der Waſſerſpiegel deſſelben höher oder niedriger ſteht. Man kann ſo den Waſſerſtand auch bei weniger guter Beleuchtung genau genug beobachten. Die Röhre F dient gleichzeitig zum Nachfüllen des Waſſers.

Fig. 248.

Für Mitteldruck- und zuweilen auch für Hochdruck-Heizungen werden ähnlich eingerichtete Gefäſse verwendet. Nur belaſtet man das Auslaſsventil ſtärker, nach Umſtänden unter Vermittelung von Hebelwerk.

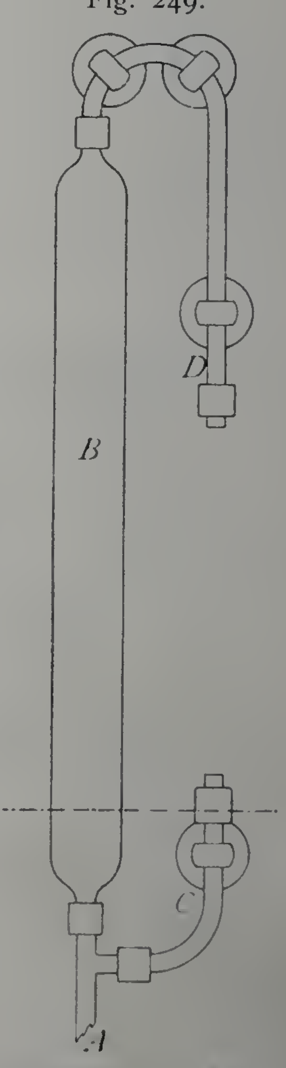
Fig. 248 ſtellt ein derartiges Ventil in theilweiſem Schnitt und in der Anſicht dar.

Das eigentliche Ventilgehäuſe iſt mit einer Gefäſswand verſchraubt. Das kleine Ventil *e*, welches durch den ſchweren Bügel *g* belaſtet iſt, läſſt den Waſſerüberſchuſs und nach Umſtänden die Luft austreten; das gröſsere Ventil *s* vermittelt nach Bedarf das Zurücktreten des Waſſers.

Sonſt ſind für Hochdruck-Heizungen die Ausdehnungsflaſchen (Fig. 249) im Gebrauch.

A bezeichnet das obere Ende der Leitung, *B* das aus Schmiedeeiſen angefertigte Ausdehnungsgefäſs. Der Schenkel *C* dient zum Füllen der Leitung, während der Schenkel *D* die Luft abſtrömen läſſt. Es iſt ſonach unmöglich, das Gefäſs *B* höher, als bis zum oberen Ende des Schenkels *C* zu füllen, ſomit der zur Ausdehnung des Waſſers zur Verfügung ſtehende Raum nicht von der Willkür des Wärters abhängig. Die in *B* über dem Waſſerſpiegel und in *D* eingeſchloſſene Luft wird bei Ausdehnung des Waſſers zuſammengedrückt; der Luftraum, welcher erforderlich iſt, um die Spannung derſelben nicht gröſser werden zu laſſen, als die Spannung des Dampfes, deſſen Temperatur der Waſſertemperatur gleicht, iſt ſonach leicht zu berechnen. Bei 12,5 mm weiten Röhren und 50 mm Weite des Ausdehnungsgefäſses iſt die Länge desſelben gleich $^1/_{100}$ der Röhrenlänge zu nehmen.

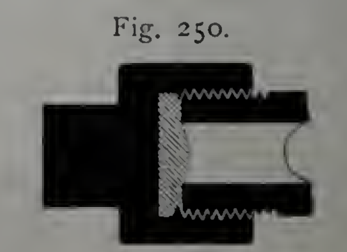
Fig. 249.



Ausdehnungsflaſche. — $^1/_{10}$ w. Gr.

Angeſichts der gewaltigen, in den Leitungen der Hochdruck-Heizungen auftretenden Spannungen müſſen die Verſchlüſſe, auſser bequemer Handhabung, die Eigenſchaft haben, recht dicht zu ſchlieſsen. Man verwendet deſshalb meiſtens eine Bleiſcheibe, welche mit Hilfe einer kräftigen Kappe auf das betreffende Röhrenende geſchraubt wird, wie Fig. 250 erkennen läſſt.

Fig. 250.



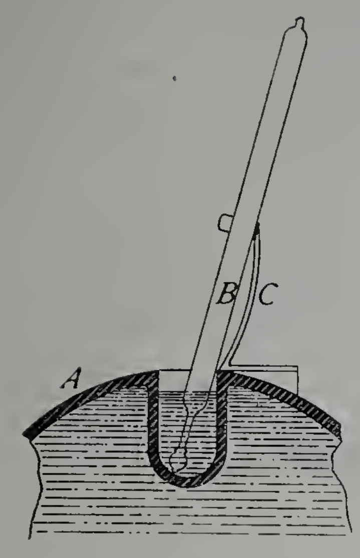
Man verwendet übrigens ſolche geſchloſſene Ausdehnungsgefäſse, ſelbſtverſtändlich in anderer Geſtalt, als Fig. 249 darſtellt, auch für Mittel- und Niederdruck-Waſſerheizungen.

288. Temperatur-Beobachtungen.

Eine befriedigende Bedienung der Heizungen erfordert die Kenntniſs der Temperaturen des Dampfes, bezw. Waſſers Seitens des Wärters. Die Dampftemperatur ſteht im innigen Zuſammenhange mit der Dampfſpannung; die Dampfheizungen werden deſshalb häufig nach dieſer, welche mittels Manometer gemeſſen wird, bedient. Die Waſſertemperaturen werden durch Thermometer gemeſſen. Eine einfache und handliche Anbringung des Thermometers verſinnlicht Fig. 251.

In der oberen Wand *A* der Waſſerröhre iſt ein topfartiges Gefäſs ausgeſpart, welches an ſeinen Auſsenflächen möglichſt günſtig vom Waſſer be-

Fig. 251.



$^1/_5$ w. Gr.

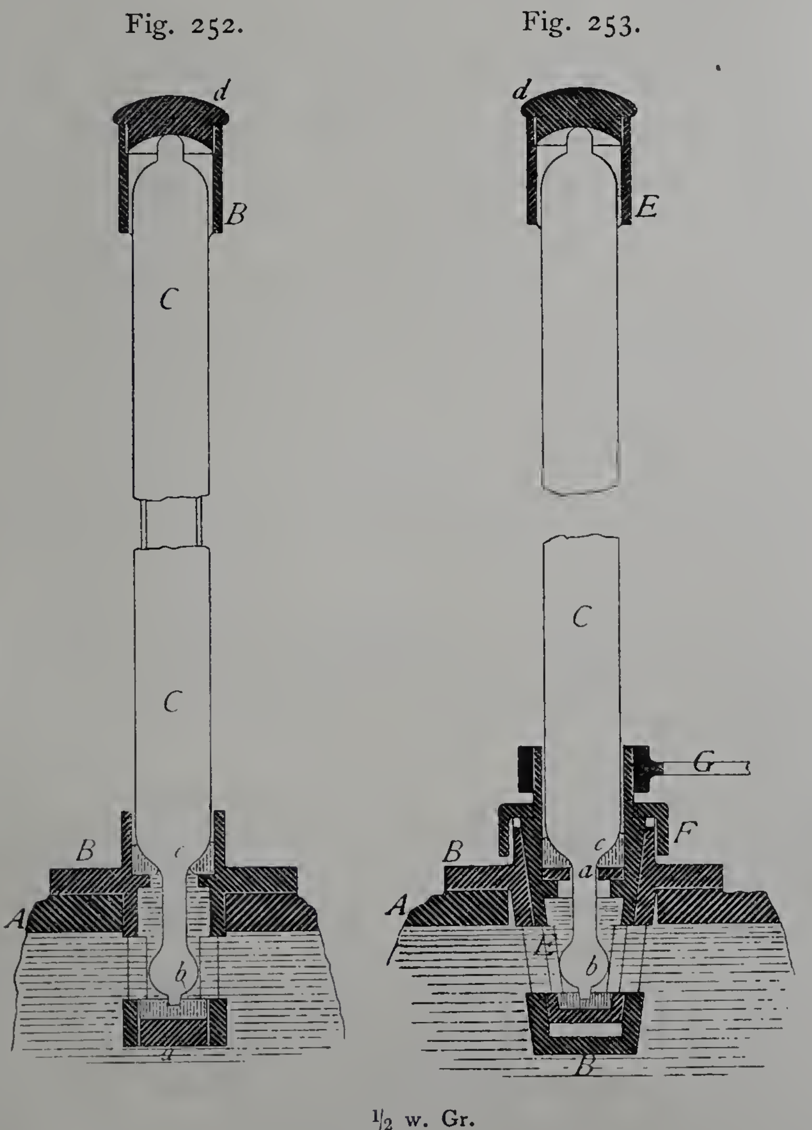
fpült werden kann. Das Gefäfs ift mit Oel oder einer anderen fchwer fiedenden Flüffigkeit gefüllt; in diefe wird die Kugel des gewöhnlichen Thermometers *B* gefteckt. Zur Stütze des Thermometers dient der Arm *C*.

Die Temperatur des Gefäfsinhaltes ift offenbar eine geringere, als diejenige des Waffers, welches das Gefäfs von aufsen berührt, da vom Gefäfsinhalt fortwährend Wärme abgeführt wird. Wie grofs der Unterfchied ift, vermag man von vornherein nicht zu beftimmen. Derfelbe ift gröfser als bei der vorliegenden Einrichtung, wenn man das Gefäfs auf der Oberfläche der Röhre befeftigt, was vielfach gefchieht.

Man follte daher — wo dies zuläffig ift — die Thermometerkugel unmittelbar mit dem Waffer in Berührung bringen, deffen Temperatur man meffen will.

Fig. 252 ftellt eine derartige Anordnung im Schnitt dar. Auf die Röhrenwand *A* ift eine metallene Faffung *B* des Thermometers *C* fo befeftigt, dafs die Kugel des letzteren, vermöge der Durchbrechungen der Faffung, vom Waffer befpült wird. Der metallene Boden *a* der Faffung ift zur Schonung der Thermometerkugel mit einer Korkplatte *b* bedeckt; *c* ift ein Gummiring, welcher die Abdichtung des Thermometers bewirkt, und *d* der Deckel der Faffung, welcher das Thermometer niederdrückt.

Fig. 252. Fig. 253.



$^1/_2$ w. Gr.

Der befchriebenen Anordnung haftet der Uebelftand an, dafs, fobald die Abdichtung des Thermometers ungenügend oder gar das Thermometer zertrümmert wird, die Heizungs-Anlage aufser Betrieb gefetzt, bezw. das Waffer derfelben abgelaffen werden mufs.

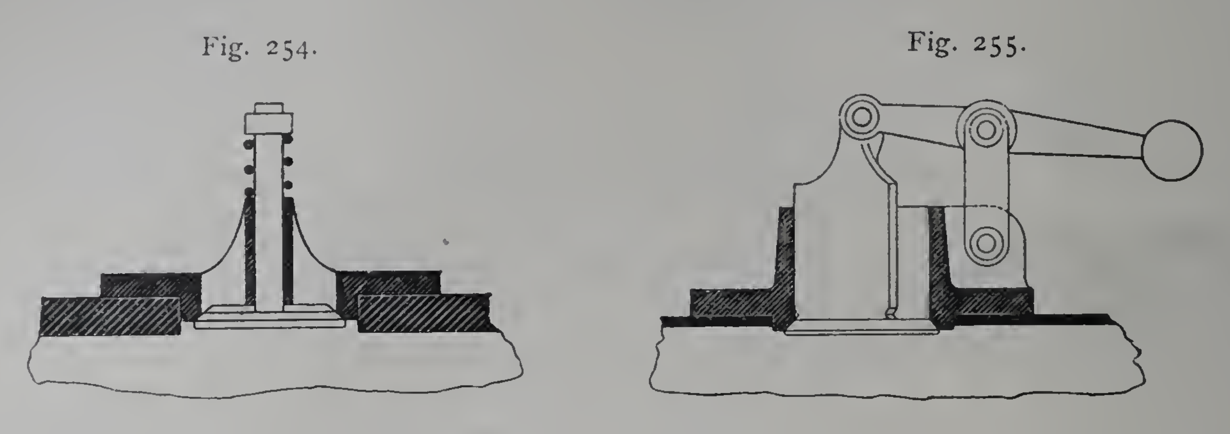
Koftfpielige Erfahrungen veranlafften mich, Ende 1868 die Thermometerfaffung nach Fig. 253 zu ändern.

Auf die Röhrenwandung ift der Flanfch des einem Hahngehäufe ähnlichen Körpers *B* gefchraubt. Die Thermometerfaffung *E*, deren unterer Theil hahnkükenartig geftaltet ift, pafft genau in *B* und wird mittels der Kappe *F* niedergehalten. Die Abdichtung erfolgt ebenfalls durch einen Gummiring *c*; diefer wird aber von zwei halben, fich dicht an den Thermometerhals legenden Bogenplatten *a* getragen, hat alfo eine weit ficherere Lage, als bei der älteren Einrichtung. So fern nun eine Befchädigung der genannten Dichtung oder des Thermometers *C* eintritt, kann, durch Umdrehen der Faffung *E* mittels des Handgriffes *G*, der bisherige Zuflufs des Waffers zur Thermometerkugel abgefperrt, die Ausbefferung des entftandenen Schadens in aller Ruhe vorgenommen und hierauf, durch Zurückdrehen der Faffung, der gezeichnete Zuftand wieder hergeftellt werden.

289.
Luftventile.

Dampfleitungen und Dampfheizöfen, deren Wandungen dünn find oder doch gegen Drücke von aufsen wenig Widerftand zu leiften vermögen, werden mit fog. Luftventilen (Fig. 254 u. 255) ausgerüftet, um den bei Verdichtung des Dampfes

entftehenden Ueberdruck der Atmofphäre auszugleichen. Das eine der Ventile wird mittels einer Schraubenfeder, das andere durch einen belafteten Hebel gegen feinen Sitz gedrückt. Da bei Anwendung derartiger Luftventile die Leitungen und Oefen fich bei jedesmaliger Aufserbetriebfetzung mit Luft füllen, fo müffen die genannten



Luftventile. — $^1/_3$ w. Gr.

Ventile auch zur rafchen Entlüftung verwendet werden und find defshalb meiftens fo angebracht, dafs fie leicht erreicht werden können.

290. Schutz gegen Wärme-verlufte.

Die Berechnung der Leitungen für Wafferheizungen wurde unter der Voraus-fetzung gemacht, dafs Wärmeverlufte nicht ftattfänden; man mufs daher, um den thatfächlich eintretenden Wärmeverluften Rechnung zu tragen, bei voller Be-anfpruchung der Anlagen die Anfangs-Temperaturen des Waffers höher werden laffen, als in der Rechnung angenommen wurde, und gleichzeitig die Röhrenleitungen möglichft gegen Wärmeverlufte fchützen. Bei Berechnung des Widerftandes der Dampfleitungen wurde auf den grofsen Einflufs der Wärmeverlufte derfelben, bezw. auf den hohen Werth einer guten Bekleidung der Röhren befonders hingewiefen.

Die Forderungen, welche man an eine folche Bekleidung ftellen mufs, laffen fich wie folgt zufammen faffen:

α) fie foll die Wärme möglichft fchlecht leiten;

β) fie foll den vorkommenden Temperaturen widerftehen;

γ) fie foll elaftifch fein, um in Folge der Dehnungen der Röhren nicht be-fchädigt zu werden;

δ) fie foll endlich, wenigftens in vielen Fällen, ein gefälliges Aeufsere haben.

Die erfte Bedingung wird offenbar von allen lockeren Körpern erfüllt, in welchen viele kleine Lufträume fich befinden, fo dafs der Luftinhalt als ruhend zu betrachten ift.

Vermöge der zweiten Bedingung werden pflanzliche und thierifche Stoffe zur unmittelbaren Berührung vieler Leitungen unbrauchbar.

Die dritte Bedingung dagegen macht die Verwendung der erwähnten Stoffe höchft wünfchenswerth.

Warmwaffer-Heizungsröhren bekleidet man mit Stroh, Woll-, Baumwoll- und Seidenabfällen, Kuh- und Kälberhaaren oder aus diefen angefertigtem groben Filz, Korkplatten u. f. w. und bedeckt das Kleid mit Bretterkaften, fafsdaubenartig zu-fammengefügten Latten, fchraubenförmigen Seilwindungen, Geweben u. f. w., oder verwendet das weiter unten genannte Bekleidungsmittel. Sollen die vorhin genannten Stoffe zur Einhüllung der Dampfröhren dienen, fo ift es zweckmäfsig, letztere zu-nächft mit Lehm zu überziehen, dem Häckfel, Kälberhaare oder ähnliche Stoffe zugefetzt find.

Die fog. Schlackenwolle verträgt alle vorkommenden Temperaturen; fie ift jedoch für die Röhrenbekleidungen weniger beliebt, weil fie meiftens einer nochmaligen Hülle zu eigenem Schutze bedarf und weil diefelbe zuweilen in wenig befriedigender Haltbarkeit geliefert worden ift.

Unter den mineralifchen Umhüllungsmitteln fcheint die Infuforienerde (Kiefelgur), welche mit einem paffenden Bindemittel angemacht ift, allen übrigen weit voranzuftehen. Die vorwiegend aus Kiefelgur hergeftellte Umhüllungsmaffe vermag in Bezug auf geringe Wärmeleitungsfähigkeit, bequeme Anwendbarkeit und Billigkeit den übrigen Bekleidungsmitteln mindeftens die Wage zu halten. Wenn der Ueberzug mit Sorgfalt ausgeführt und nachträglich mit einem geeigneten Oelfarbenanftrich verfehen wird, fo läfft der Ueberzug auch in Bezug auf gefälliges Ausfehen nichts zu wünfchen übrig.

Weitere Erörterungen über die Röhrenhüllen dürften hier überflüffig fein, da einerfeits die befte derfelben noch nicht bekannt ift, andererfeits Angebote verfchiedener Verfertiger folcher »Wärmefchutzmaffen« nicht fehlen. In Art. 125 (S. 124) find Angaben über die Wärmeleitung einiger Röhrenbekleidungen zu finden.

d) Schieber, Hähne, Ventile u. f. w.

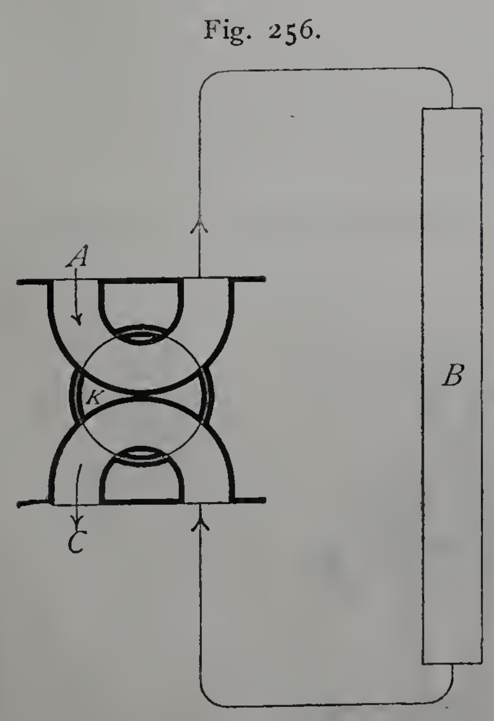
291. Wechfelhähne.

Eben fo, wie bei den Luftleitungen, müffen bei den Waffer- und Dampfleitungen regelbare, die Bewegung hindernde Einrichtungen angebracht fein. Es werden hierzu die auch für andere Zwecke gebräuchlichen Schieber, Droffelklappen, Hähne und Ventile verwendet, deren Befchreibung nicht an diefen Ort gehört.

Einige, den vorliegenden Leitungen eigenthümliche derartige Einrichtungen follen jedoch kurz befchrieben werden.

Hierher gehören zunächft die fog. Wechfelhähne. Die Verforgung der Wafferöfen *A*, *B* und *C* in Fig. 211, rechte Seite (S. 247), erfordert, dafs man zuweilen das Waffer durch den Wärme abgebenden Körper, zuweilen an ihm vorbei leitet. Auch die Dampfheizungen, namentlich folche, welche mit Seitens einer Dampfmafchine bereits benutztem Dampf gefpeist werden, erfordern ähnliche Wechfelhähne, um den Dampf nach Bedarf durch die eine oder andere Leitung ftrömen zu laffen. Man kann das Geforderte durch Einzelhähne oder mehrere Ventile gewöhnlicher Einrichtung erreichen; offenbar wird es jedoch angenehmer fein, wenn man durch Stellung nur eines Ventiles oder Hahnes daffelbe erreichen kann.

Fig. 256.



Wechfelhahn von *Wiman-Klein*.

Es finden zu diefem Ende ähnliche Anordnungen Verwendung, wie (in Art. 264, S. 239) für Luftleitungen befprochen wurden; diefelben find in ihren Theilen natürlich fo auszubilden, wie die hier vorliegenden Flüffigkeiten es erfordern.

Einen Wechfelhahn nach *Wiman-Klein* [165]) giebt Fig. 256 wieder.

Die Aufgabe verlangt, dafs die in Frage kommende Flüffigkeit entweder von *A* aus den Wärme abgebenden Körper *B* durchftrömen und bei *C* abfliefsen, oder diefelbe auf kürzeftem Wege von *A* nach *C* gelangen foll. Zu diefem Ende ift das Hahnküken *K*

165) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1871, S. 679; 1872, S. 745.

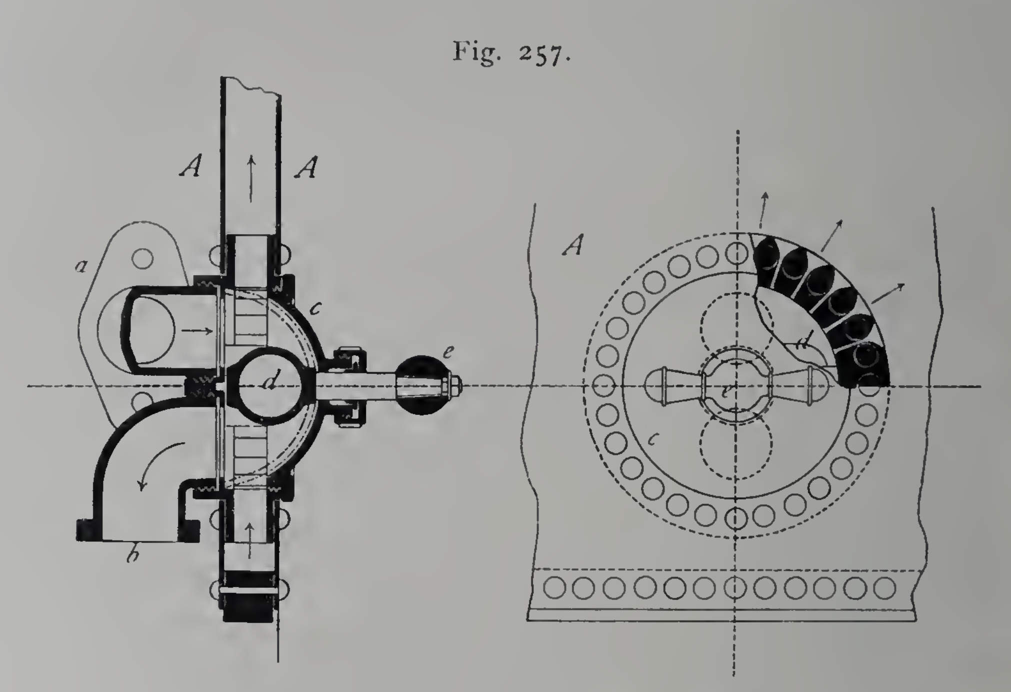
mit zwei bogenförmigen Canälen verfehen, die, je nach der Stellung des Kükens, die Verlängerung von je zwei der vier Anfatzröhren des Hahngehäufes bilden. Bei 45 Grad Verdrehung des Hahnkükens (gegen die gezeichnete Stellung) find fämmtliche Wege gefchloffen.

Will man die Flüffigkeit theils durch den Wärme abgebenden Körper, theils auf kürzeftem Wege durch den Hahn leiten, fo erhält das Küken K die Geftalt einer Platte.

Einen von mir für Warmwaffer-Heizungen verwendeten Wechfelhahn verfinnlicht Fig. 257 in einem lothrechten Querfchnitt, einer theilweifen Vorderanficht und einem zu diefer parallel liegenden Schnitt.

A bezeichnet den Wafferofen, welcher aus Blechplatten, zwifchen deren Ränder Flacheifen genietet find, verfertigt ift. Zwifchen diefen Blechwänden, nahe dem unteren Ofenrande, ift der Wechfelhahn eingenietet. Derfelbe befteht aus den hinter dem Ofen liegenden Mündungsftücken a und b, dem eigentlichen Hahnkörper, deffen Deckel c, und der **U**-förmig gebogenen Röhre d, an welcher der Griff e befeftigt ift. Der eigentliche Hahnkörper ift ringsum mit Oeffnungen verfehen (die in der Figur etwas zu eng gezeichnet find), fo dafs fein Inneres mit dem Ofeninneren in freier Verbindung fteht. In der ausgezogenen Stellung der Röhre d fliefst das durch a eintretende Waffer durch den Hahnkörper nach oben, während das im unteren Theile des Ofens befindliche kältere Waffer, die untere Hälfte des Hahnkörpers durchftrömend, durch b in die Rücklaufröhre gelangt. Da die Röhre d in der vorliegenden Stellung den Hohlraum des Hahnkörpers in eine obere und eine untere Hälfte zerlegt, fo ift das Waffer gezwungen, zunächft in das Ofeninnere zu treten, bevor daffelbe in die Rücklaufröhre gelangen kann. Dreht man die Röhre d mit Hilfe des Griffes e um 90 Grad, fo vermittelt diefelbe einen kurzen Weg zwifchen dem Einftrömungsftutzen a und der Rücklaufröhre b und verhindert das Waffer zugleich, in das Ofeninnere zu treten. Jede Zwifchenftellung der Röhre d fchickt einen Theil des Waffers in den Ofen, den anderen Theil fofort in die Rücklaufröhre. Die Verfchlüffe, welche die Röhre d hervorbringt, find keine vollftändig dichten. Dies dürfte indeffen nicht gegen die Anordnung fprechen, da es, wenn die Heizung im Betriebe ift, erwünfcht fein mufs, dem betreffenden Ofen wenigftens fo viel Wärme zuzuführen, dafs das Gefrieren des Waffers unmöglich ift.

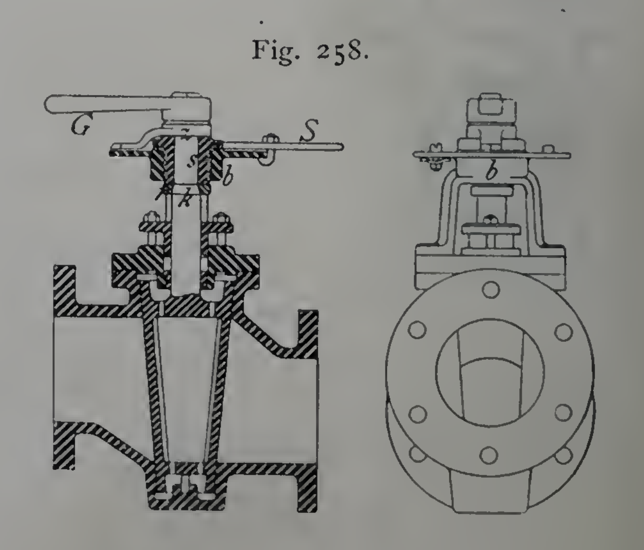
Fig. 257.



Wechfelhahn von *Hermann Fifcher*. — 1/5 w. Gr.

Die gebräuchlichen Ventile bilden Luftfäcke, verurfachen auch erhebliche Widerftände; andererfeits leiden die meiften Hähne an dem Uebelftande, dafs fie fchwer dicht zu halten find. *E. Kelling* hat defshalb — nach dem Vorgange *Mazeline*'s [166]) — für Wafferheizungen Hähne angefertigt, welchen beide Uebelftände fehlen [167]). Fig. 258 ftellt einen derfelben in lothrechtem Schnitt und in der Endanficht dar.

Fig. 258.



Man fieht zunächft aus dem Schnitt, dafs die an den Hahn fich fchliefsenden Röhren in verfchiedenen

[166]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 193, S. 191.

[167]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 775.

Höhen liegen, wodurch der den Hähnen eigene Uebelftand, einen Luftfack zu bilden, vermieden wird. Auf dem Zapfen des Hahnkükens *k* ift einerfeits der Bundring *p*, andererfeits die Warze *z* des Zeigers befeftigt; zwifchen ihnen liegt die Hohlfchraube *s* fo, dafs fie das Küken verfchiebt, fobald fie mittels des Hebels *S* gedreht wird. Das Muttergewinde der Schraube *s* ift in den Kopf des Bügels *b* gefchnitten.

Die Einrichtung wird wie folgt benutzt. Soll das Hahnküken gedreht, bezw. mit Hilfe des über einem Gradbogen fpielenden Zeigers *z* eingeftellt werden, fo dreht man zunächft den Hebel *S* links herum, um das Küken von feinem Sitze abzuheben. Nunmehr dreht man letzteres mittels des Hebels *G* in beabfichtigter Weife und drückt fodann das Küken, durch Rückdrehung des Hebels *S*, wieder feft in das Gehäufe. Selbft Hähne für 0,3 m weite Röhren find auf diefem Wege leicht einftellbar und doch dicht abfchliefsend zu machen.

Man kann mit dem Hahn, bezw. Ventil, welches den Eintritt des Dampfes in den Heizkörper regelt, ein Ventil verbinden, welches dem Niederfchlagswaffer Austritt gewährt, fo dafs die Einftellung des erfteren diejenige des letzteren ohne Weiteres nach fich zieht. Eine dem entfprechende Einrichtung für einen Hahn ift in der unten verzeichneten Quelle [168]) befchrieben, eine folche für ein Ventil in der anderen [169]).

292. Selbftthätige Druckregler.

Eine kurze Erörterung erfordern noch die felbftthätigen Dampfdruck-Reductions-, bezw. Minderungsventile oder fchlechtweg Druckregler. Diefelben haben den Zweck, in einer Leitung oder einem Dampfofen die Dampffpannung nie über ein gewiffes Mafs fteigen zu laffen.

Ihre Wirkfamkeit wird entweder auf die Aenderung des hier in Frage kommenden Druckes oder auf die Aenderung des gröfseren, vor dem Regler vorhandenen Druckes begründet. Durch beide Erfcheinungen vermag man Ventile oder Schieber zu bewegen, welche die Durchftrömungsweiten entfprechend ändern und fomit den Druckunterfchied in dem gewünfchten Sinne regeln, nicht aber in dem gewünfchten Mafse. Bei Verwendung der erftgenannten Erfcheinung mufs zunächft eine Druckänderung an derjenigen Stelle eintreten, an welcher man einen gleichmäfsigen Druck haben will. Diefe Druckänderung mufs, da man vollkommen entlaftete Ventile u. f. w. nicht kennt, um fo gröfser werden, je gröfser der verlangte Druckunterfchied ift; fonach kann die verlangte Verminderung des vor dem Regler vorhandenen Druckes nur angenähert erreicht werden. Immerhin ift es möglich, auf diefem Wege eine dem praktifchen Bedürfnifs entfprechende Gleichförmigkeit des Druckes zu erzielen. Anfcheinend verfpricht die Benutzung der Druckänderung vor dem Regler beffere Ergebniffe, indem, wenn hier der Druck fich fteigert, der Durchgangsquerfchnitt des Reglers nur entfprechend zu verringern ift und umgekehrt. Jedoch fetzt eine folche Regelung voraus, dafs jenfeits des Reglers in derfelben Zeit immer gleiche Dampfmengen verbraucht werden. Für das Heizungswefen haben die Druckregler keine folche Bedeutung, dafs ihnen an diefem Orte ein gröfserer Raum gewährt werden kann, wefshalb der Hinweis auf eine die verfchiedenen hierher gehörenden Einrichtungen erörternde Abhandlung genügen mufs [170]).

293. Dampftrockner.

Manchen Ortes wird grofser Werth auf Einfchaltung fog. Dampftrockner oder Wafferabfcheider gelegt, welche durch fcharfe Ablenkung des Stromes veranlaffen, dafs das fchwerere Waffer von dem leichteren Dampf abgefchleudert wird. So bedeutfam auch diefe Dampftrockner für folche Leitungen find, welche Dampf-

---

168) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 777.

169) Gefundh.-Ing. 1881, S. 357.

170) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 241, 315.

maſchinen verſorgen, ſo wenig Werth haben ſie für Heizungsleitungen, da in dieſen fortwährend Waſſer ſich niederſchlägt, ſie alſo geeignet eingerichtet ſein müſſen, um das Waſſer auf gewöhnlichem Wege fortzuſchaffen. Einige Quellenangaben werden daher auch hier genügen [171]).

---

10. Kapitel.

Erwärmung der Luft.

a) Brennſtoffe.

294.
Stoffe.

Die den vorliegenden Zwecken dienenden Brennſtoffe entſtammen (vielleicht mit Ausnahme des Erdöls) ausſchlieſslich der Holzfaſer. Holz und Torf enthalten die Holzfaſer wenig oder nicht verändert; Braunkohle, Steinkohle und Erdöl ſind Erzeugniſſe der natürlichen Verkohlung; Holzkohle und Coke einerſeits, Leuchtgas und ſog. Waſſergas andererſeits entſtammen der künſtlichen Verkohlung. Bis jetzt ſind von hervorragender Bedeutung nur die Steinkohle und die Coke, während die übrigen genannten Brennſtoffe geringere Verwendung finden; letztere ſollen daher, ſo weit ihre mittlere Zuſammenſetzung, ihr Wärmeentwickelungsvermögen und ihre Rauchzuſammenſetzung in Frage kommen, in der auf S. 274 folgenden Tabelle berückſichtigt werden, während erſtere auſserdem näher beſprochen werden mögen.

Die ſog. präparirte Kohle, welche aus Holzkohlenklein, Kaliſalpeter und einem Bindemittel zuſammengeſetzt und in Ziegelform namentlich zur Beheizung der Eiſenbahnwagen dient, die ſog. Steinkohlenziegel oder -Briquettes, Preſstorf, Lohkuchen und andere Brennſtoffe, welche nur in Sonderfällen Verwendung finden, ſollen hier übergangen werden.

295.
Wärme-
entwickelung.

Die Steinkohle beſteht aus Kohlenſtoff, Waſſerſtoff, Sauerſtoff, Schwefel, Waſſer und verſchiedenen unverbrennlichen Körpern, welche als Aſche, bezw. Schlacke nach der Verbrennung der Kohle zurückbleiben. Durch Verbindung von 1 kg Kohlenſtoff mit $\frac{16}{12}$ kg Sauerſtoff entſteht Kohlenoxyd und werden $\backsim$ 2470 Wärmeeinheiten entwickelt. Verbindet ſich dagegen 1 kg Kohlenſtoff mit $\frac{2 \cdot 16}{12}$ kg Sauerſtoff zu dem im gewöhnlichen Leben »Kohlenſäure« genannten Gaſe, ſo werden $\backsim$ 8080 Wärmeeinheiten frei. 1 kg Waſſerſtoff verbindet ſich mit $\frac{16}{2}$ kg Sauerſtoff zu Waſſerdampf, bei welchem Vorgange $\backsim$ 29 060 Wärmeeinheiten entbunden werden. Die Wärmeentwickelung bei Verbrennung des Sumpfgaſes (CH_4) iſt 11 713, des ölbildenden Gaſes ($C_2 H_4$) iſt 11 087 und des Butylen ($C_4 H_8$) iſt 10 840 Wärmeeinheiten. Der im Brennſtoff enthaltene Sauerſtoff vermag bei der Verbrennung keine Wärme zu entwickeln, da derſelbe zur Verbrennung der anderen Stoffe benutzt wird.

Die Steinkohle enthält durchſchnittlich 1 bis 2 Procent Schwefel; die Geringfügigkeit der durch dieſen gelieferten Wärme geſtattet, daſs man den Schwefel bei Berechnung der Wärmeentwickelung vernachläſſigt.

Das der Kohle anhaftende Waſſer vermindert die bei der Verbrennung frei werdende Wärmemenge, indem daſſelbe in Dampf verwandelt wird und hierzu für 1 kg Waſſer etwa 650 Wärmeeinheiten erforderlich ſind.

---

[171]) Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1864, S. 87; 1874, S. 199; 1886, S. 591. — *Engng.*, Bd. 5, S. 122. — *Revue induſtr.*, Jahrg. 14, S. 136. — D.R.-P. Nr. 11711, 33237.

Die Afchentheile find für die Wärmemenge, welche eine Feuerung zu entwickeln vermag, nur mittelbar von Bedeutung, indem diefelben erwärmt werden müffen, demnach einen gewiffen Theil der entbundenen Wärme verbrauchen und den Verbrennungsvorgang zu ftören vermögen.

256. Verbrennungsvorgang.

Bei Erhitzung der Steinkohle entweicht der Wafferftoffgehalt und ein Theil des Kohlenftoffes in Form von Kohlenwafferftoffen, während der Reft des Kohlenftoffes als Coke zurückbleibt. Findet die Erhitzung unter Zutritt atmofphärifcher Luft, alfo deren Sauerftoff ftatt, fo ift der Vorgang nur in fo fern ein anderer, als die Kohlenwafferftoffe vorwiegend, und zwar mit lebhafter Flamme, verbrennen und nur in geringem Mafse der wafferftofffreie Reft der Kohle; nach vollzogener Vercokung verbrennt die Coke mit kurzer Flamme.

Während der Vercokung fchmilzt die Kohle mehr oder weniger und bildet eine zähe Maffe, die, nachdem fämmtlicher Wafferftoff ausgetrieben ift, die porige Coke bildet.

Der wechfelnde Verbrennungsvorgang und namentlich das theilweife Schmelzen, das fog. »Backen« der Steinkohle erfchwert die Regelung des Feuers aufserordentlich, wefshalb vielfach folche Kohlen vorgezogen werden, welche nur in geringem Mafse oder gar nicht backen, ja häufig die theuerere, in befonderen Werken verfertigte Coke verwendet wird.

Wenn auch die Urfache des Backens im Allgemeinen bekannt ift, fo vermag man doch aus der Zufammenfetzung der Kohlen auf den Grad des Backens nicht zu fchliefsen.

Nach *Grashof* rechnet man den in der Kohle vorhandenen Sauerftoff mit Wafferftoff als chemifch gebundenes Waffer vereinigt und nennt das Mehr des vorhandenen Wafferftoffes »freien« Wafferftoff. Es enthalten alsdann durchfchnittlich

	C	H_2O	H	
magere (nicht backende) Flammkohlen . .	80,9	15,6	3,5	Procent
finternde (wenig backende) Flammkohlen .	83,4	12,7	3,9	»
backende Flammkohlen	84,8	11,3	3,9	»
Fettkohle	89,0	6,6	4,4	»
Efskohle	90,7	5,3	4,0	»
Anthracit-Kohle (nicht backend)	91,9	4,6	3,5	» ,

fo dafs die Menge des freien Wafferftoffes auf das Backen Einflufs zu haben fcheint.

Bezeichnet man mit C den Kohlenftoffgehalt, mit H den Wafferftoffgehalt, mit H_2O den Gehalt an chemifch gebundenem Waffer, mit W den Gehalt an hygrofkopifchem Waffer, mit A den Afchengehalt des Brennftoffes und eben fo mit CH_4, C_2H_4, C_4H_8, CO, CO_2 und N den Gehalt gasförmiger Brennftoffe an den diefe Zeichen führenden Gafen, fo gewinnt man in Folge vollkommener Verbrennung aus 1 kg des betreffenden Brennftoffes die in umftehender Tabelle unter E genannten Wärmemengen. Die Verbrennung erfordert die unter $\mathfrak{L}$ verzeichneten Luftmengen und erzeugt die unter A_c gegebenen Kohlenfäuremengen, die unter A_q genannte Wafferdampfmenge, fo dafs, unter Berückfichtigung des Stickftoffgehaltes der benutzten atmofphärifchen Luft, der unter $\mathfrak{N}$ genannt ift, das unter G gegebene Gewicht an Rauch entfteht. Wie weiter unten näher erörtert werden wird, ift es im Allgemeinen nothwendig, dem Brennftoff mehr Luft zuzuführen, als die Rechnung ergiebt. Defshalb find die Reihen für G fowohl, als auch die Reihen für δ (Dichte des Rauches, bezogen auf atmofphärifche Luft) und c (Wärmemenge, die 1 kg Rauch

	C	H	H_2O	W	A	CH_4	C_2H_4	C_4H_8	CO	CO_2	N	E	$\mathfrak{L}$	A_c	A_q	$\mathfrak{N}$	Einfache Luftmenge			Doppelte Luftmenge		
																	G	δ	c	G	δ	c
Lufttrockenes Holz .	0,39	—	0,40	0,195	0,015	—	—	—	—	—	—	2731	4,52	1,43	0,60	3,48	5,50	1,003	0,266	10,02	1,002	0,254
Lufttrockener Torf .	0,35	0,01	0,29	0,25	0,10	—	—	—	—	—	—	2743	4,41	1,28	0,63	3,40	5,31	0,993	0,268	9,72	0,996	0,256
Lufttrockene Braun- kohle	0,50	0,015	0,205	0,20	0,08	—	—	—	—	—	—	4176	6,32	1,83	0,54	4,87	7,24	1,023	0,258	13,56	1,012	0,250
Steinkohle	0,80	0,04	0,09	0,03	0,04	—	—	—	—	—	—	7483	10,67	2,93	0,48	8,22	11,68	1,043	0,250	22,30	1,022	0,245
Holzkohle	0,85	0,01	0,03	0,06	0,05	—	—	—	—	—	—	7034	10,20	3,12	0,18	7,85	11,15	1,071	0,244	21,35	1,036	0,242
Coke	0,87	0,005	0,015	0,05	0,06	—	—	—	—	—	—	7065	10,26	3,19	0,11	7,90	11,20	1,077	0,242	21,46	1,039	0,241
Rohes Erdöl . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Steinkohlen - Leucht- gas	—	0,05	—	—	—	0,54	0,10	0,08	0,15	—	0,08	10113	14,19	2,29	1,90	11,00	15,19	0,957	0,270	—	—	—
Waffergas	—	0,053	—	—	—	0,115	0,019	—	0,701	0,056	0,055	4780	5,62	1,85	1,02	4,33	7,20	0,986	0,254	—	—	—

bei 1 Grad Abkühlung abgiebt) zweimal aufgeführt, und zwar einmal für die Annahme, dafs die Verbrennung nur mit derjenigen Luftmenge erfolgt, deren Sauerftoffgehalt zur Verbrennung genügt, ferner für die Annahme, dafs das Doppelte der foeben genannten Luftmenge dem Feuer zugeführt wird. Die Zahlen der Tabelle find meiftens dem mehrfach angezogenen Werke *Grashof*'s [172]) entnommen.

297. Zuzuführende Luftmenge.

Die atmofphärifche Luft enthält, wenn man von den geringen Beimifchungen an Kohlenfäure, Wafferdampf und anderen Gafen abfieht, etwa $0{,}24$ Gewichtstheile Sauerftoff und $0{,}76$ Gewichtstheile Stickftoff. So oft die Brennftoffe einen Theil Sauerftoff auffuchen, ftehen ihnen fonach 3 Theile Stickftoff gleichfam im Wege. Defshalb gelingt es nur fchwer, felbft bei gasförmigen Brennftoffen, fämmtlichen Sauerftoff zur Verbrennung zu bringen, während bei feften Brennftoffen eine vollftändige Benutzung des in Form atmofphärifcher Luft zugeführten Sauerftoffes unmöglich fein dürfte. Man kann bei gefchickttefter Anordnung der Feuerung und Bedienung des Feuers die zugeführte Luft nicht fo vertheilen, dafs an jede Stelle die richtige Menge derfelben hingelangt; die Brennftoffftücke, die Afchen- und Schlackentheile und — bei backenden Kohlen — die entftehende breiartige Maffe ftehen aber einem Austaufche vielfach hemmend entgegen. Um daher den Brennftoff vollftändig in Kohlenfäure, bezw. Wafferdampf zu verwandeln, mufs man faft immer einen Ueberfchufs an Luft gewähren, damit überall mindeftens genug Sauerftoff vorhanden ift.

Ein folcher Luftüberfchufs beeinträchtigt aber die Leiftungsfähigkeit der Feuerung in nicht unbedeutender Weife. Nach neben ftehender Tabelle erzeugt 1 kg Steinkohle im Mittel $11{,}63$ kg Rauchgafe, wenn einfache Luft-Zufuhr ftattfindet. Nimmt man nun an, dafs der Rauch mit 120 Grad in den Schornftein tritt, fo führt derfelbe $11{,}63 \cdot 0{,}25 \cdot 120 = 348{,}9$ Wärmeeinheiten unbenutzt fort. Die doppelte Luftmenge bringt dagegen unter denfelben Umftänden einen Wärmeverluft von $22{,}3 \cdot 0{,}245 \cdot 120 = 655{,}6$ Wärmeeinheiten hervor, fo dafs von der entwickelten Wärme, die zu 7483 angegeben war, nur $7483 - 656 = 6827$ Wärmeeinheiten übrig bleiben. Mangelhaft bediente und eben fo eingerichtete Feuerungen arbeiten oft mit der 5-, ja 10-fachen Luftmenge und haben alsdann, namentlich wenn die Rauchtemperatur eine hohe ift, nur eine fehr geringe Nutzleiftung. So ift es denn erklärlich, warum die Coke, deren Wärmeentwickelung nach unferer Zufammenftellung geringer ift, als die der Steinkohle, welche aber durchfchnittlich 20 Procent theuerer ift, als letztere, wegen ihrer regelmäfsigeren Verbrennung, alfo leichteren Bedienung, oft für eine und diefelbe Geldfumme mehr Wärme liefert, als die Steinkohle, ja, dafs die Gafe, die erft mit Mühe und unter Aufwand von Koften verfertigt werden müffen, eine verlangte Wärmemenge billiger zu liefern vermögen, als die Rohftoffe, aus denen fie gewonnen wurden.

Ausführliches über diefen Gegenftand findet man in den unten genannten Quellen [173]).

Durch forgfältige vergleichende Verfuche mit verfchiedenen Brennftoffen in verfchiedenen Feuerftellen [174]), welche am zweckmäfsigften durch ftaatlich unterhaltene Verfuchsanftalten ausgeführt werden, dürften allmählig die jetzt noch vielfach aus einander gehenden Meinungen aufgeklärt und die z. Z. ftattfindenden Brennftoffvergeudungen vermindert werden.

---

172) Theoretifche Mafchinenlehre. Bd. 1. Leipzig 1875. S. 902 u. ff.

173) Fischer, F. Die chemifche Technologie der Brennftoffe. Braunfchweig 1880—87. — Fischer, F. Chemifche Technologie. Leipzig 1886. S. 991. — Krüger, R. Die Lehre von den Brennmaterialien etc. Jena 1883.

174) Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 232, S. 237 u. 336; Bd. 233, S. 133 u. 343; Bd. 236, S. 396.

b) Feuerftellen.

298. Allgemeines.

Unter diefem Namen fafft man die Einrichtungen zufammen, welche zur Verbrennung der Brennftoffe zum Zweck der Wärmeentwickelung dienen. Sie find fo anzuordnen, dafs den einzelnen Theilen des Brennftoffes die genügende Sauerftoffmenge zugeführt wird, dafs der Ueberfchufs an Sauerftoff, bezw. Luft nicht zu grofs wird, dafs die Verbrennung überhaupt ftattfindet und dafs an Stelle des gebrauchten Brennftoffes neue Mengen deffelben zugeführt werden können.

Zur Verbindung des Kohlenftoffes, der Kohlenwafferftoffe und des Wafferftoffes mit dem Sauerftoff der Luft find gewiffe Temperaturen erforderlich; fie werden hervorgebracht durch das Entzündungsmittel und erhalten durch die bei der Verbindung frei werdende Wärme. Diefe Wärme hat den Brennftoff auf die nöthige Temperatur zu bringen.

Je gröfser daher die Wärmemenge ift, welche zur Erwärmung der Raumeinheit des Brennftoffes um 1 Grad erforderlich ift, je gröfser die Wärmeleitungsfähigkeit des Brennftoffes ift, ein um fo gröfserer Theil der frei werdenden Wärme wird für diefen Zweck verwendet; um fo fchwieriger ift die Entzündung und Erhaltung des Feuers.

Die genannte Wärme wird ferner theilweife verbraucht, um die Temperatur der atmofphärifchen Luft, d. h. deren Sauerftoffes und Stickftoffes in genügendem Mafse zu erhöhen. Je gröfser die zugeführte Luftmenge ift, um fo gröfser wird der hierauf entfallende Wärmeverluft.

Endlich wird ein Theil der frei gewordenen Wärme an die Umgebung, theils durch Leitung, theils durch Strahlung, abgegeben und zur Verdunftung des etwa anhaftenden Waffers verbraucht. Diefe Verluftquellen können zufammen genommen fo grofs werden, dafs die für die Verbrennung erforderliche Temperatur nicht mehr erzielt wird; es erfolgt alsdann das Verlöfchen.

Man mufs daher, dem Brennftoff angemeffen, die Feuerftelle fo einrichten, dafs die Verlufte an Wärme entfprechend gering ausfallen.

Von den feften Brennftoffen verlangen in diefer Hinficht die geringfte Sorgfalt: der Torf, das Holz und die Braunkohle. Sie verbrennen meiftens ohne befondere Schutzmittel gegen Wärmeverlufte an freier Luft. Holz und Torf kann man daher ohne andere Hilfsmittel als die Stützfläche, auf welcher fie ruhen, verbrennen.

Von der entbundenen Wärme ift alsdann aber nur die durch Strahlung der Flamme und des heifs gewordenen Brennftoffes abgegebene zu benutzen; die Rauchgafe werden durch die in Menge zuftrömende Luft fo abgekühlt, dafs fie oft nicht einmal im Stande find, fich genügend rafch aus der Nähe des Feuers zu entfernen.

299. Offene Feuerftellen u. Kamine.

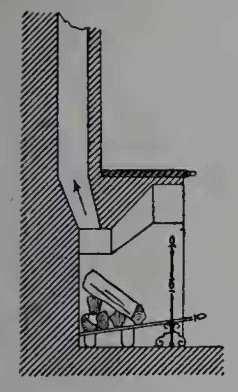
Die offene Feuerftelle ift daher, felbft für die leicht brennbaren feften Stoffe, nur in Ausnahmefällen verwendbar.

Die halb offene Feuerftelle oder der fog. Kamin (die *Cheminée*) fchützt, je nach der Einrichtung, mehr oder weniger gegen übergrofse Wärmeverlufte.

Fig. 259 ift ein lothrechter Schnitt eines Kamins für Holzfeuerung.

Auf einen Bock werden eiferne Stäbe, fog. Spiefse, gelegt, welche zur Stütze der Holzfcheite dienen und namentlich ermöglichen, diefelben fo locker auf einander zu fchichten, dafs die Luft bequem in die Zwifchenräume gelangen kann. Der gebildete Rauch entweicht in den Schornftein, deffen untere Mündung fo liegt, dafs zunächft der Rauch in diefelbe tritt und die in der Nähe befindliche Luft nur in fo weit, als Raum übrig bleibt. Um den Rauch nicht zu fehr abkühlen, bezw. möglichft wenig abkühlende Luft

Fig. 259.



Kamin für Holzfeuerung.

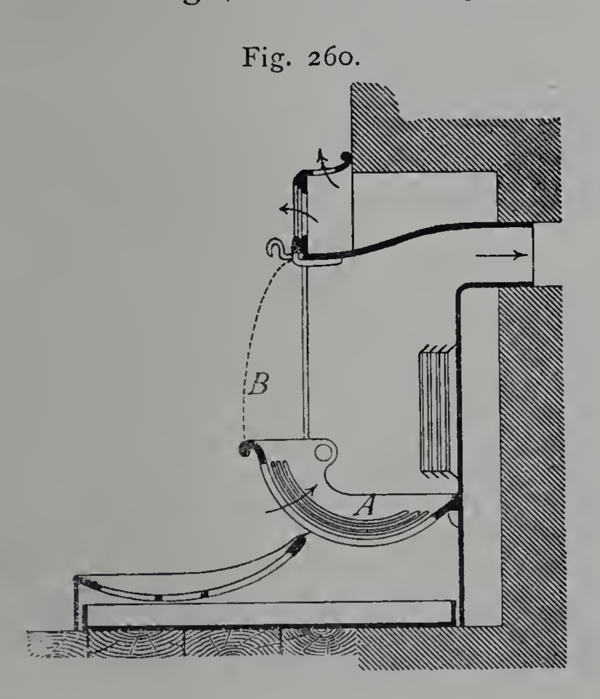
in den Schornſtein gelangen zu laſſen, muſs die untere Schornſteinmündung auf die zuläſſig kleinſte Weite beſchränkt werden.

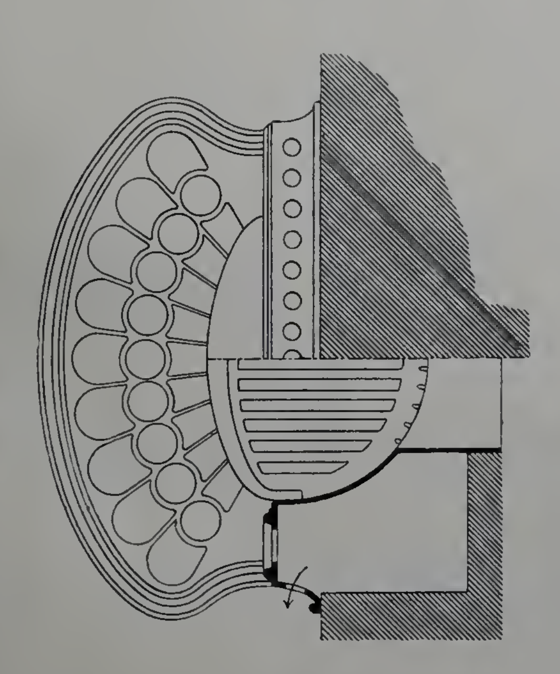
Vortheilhafter iſt der Kamin, welchen Fig. 260 darſtellt.

Hier wird der Brennſtoff (Holz, Torf, Braunkohle, auch leicht entzündliche Steinkohle) in den Korb *A* gelegt, ſo daſs die Verbrennungsluft vorwiegend durch die Spielräume der den Korb bildenden eiſernen Stäbe ſtrömen muſs. Um den Luftzutritt über dem Feuer zu beſchränken, iſt ein abnehmbares Metallſieb *B* angebracht. Hierdurch iſt die Möglichkeit gegeben, einen Theil der frei gewordenen Wärme an die aus Guſseiſen hergeſtellten Einſchlieſsungsflächen des Feuers und Rauches abzugeben, welche die ſie beſpülende Luft erwärmen und hierdurch zur Erwärmung des betreffenden Zimmers beitragen.

Bei näherer Betrachtung des vorliegenden Kamines findet man, daſs die Wärmeabgabe der Einſchlieſsungsflächen der Feuerſtelle an die Luft nothwendig iſt, um gleiche Wärmemengen, wie der vorhin beſprochene Kamin an die Luft abgiebt, in das betreffende Zimmer gelangen zu laſſen. Der Korb, in welchem der Brennſtoff raſtet, wie auch das Sieb *B* hemmen die Ausſtrahlung der Wärme und verringern hierdurch diejenige Wärmemenge, welche auf geradeſtem Wege in das Zimmer gelangt. Die Stäbe des Korbes ſowohl, als auch die Maſchen des Drahtſiebes werden dem entſprechend erwärmt; ſie geben die aufgenommene Wärme zum groſsen Theile an die ſie durchſtrömende Luft ab und mindern hierdurch die Abkühlung des Feuers, welche die Folge der Berührung mit der ihm zugeführten Luft iſt. Damit wird ohne Weiteres der Weg gezeigt, auf welchem man der Verbrennungsluft die zur Verbindung ihres Sauerſtoffes mit den Brennſtoffen nöthige Temperatur zu geben vermag.

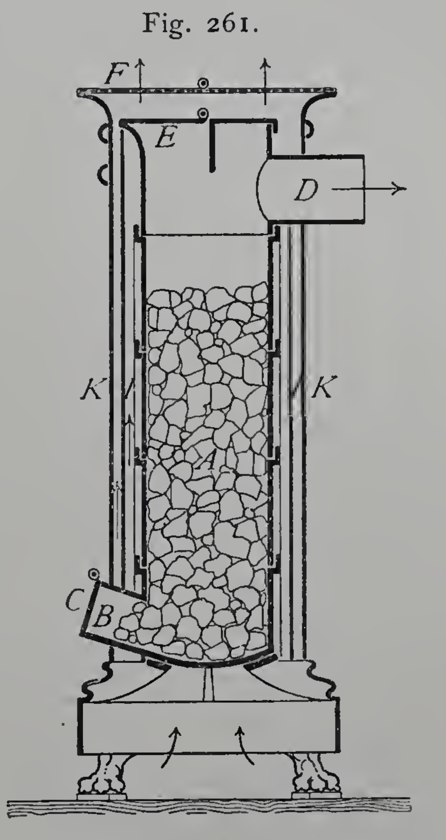
Fig. 260.





Kamin. — 1/10 w. Gr.

Fig. 261.



Meidinger-Ofen. — 1/20 w. Gr.

Fig. 262.

Iriſcher Ofen. — 1/30 w. Gr.

300. Feuerstellen d. *Meidinger*- u. irischen Ofens.

In sehr einfacher Weise geschieht dies in der Feuerstelle des *Meidinger*-Ofens (Fig. 261).

Der schachtförmige Brennstoffbehälter *A* ist unten mittels eines Bodens geschlossen und über dem letzteren mit dem Halse *B* versehen, der durch die winkelrecht zur Bildfläche verschiebbare Thür *C* nach Bedarf verschlossen, bezw. frei gelegt werden kann. Die Luft strömt durch den Spalt, welchen *C* frei läfst, trifft zunächst auf die noch warme Asche und macht deren Wärme auf diesem Wege nutzbar.

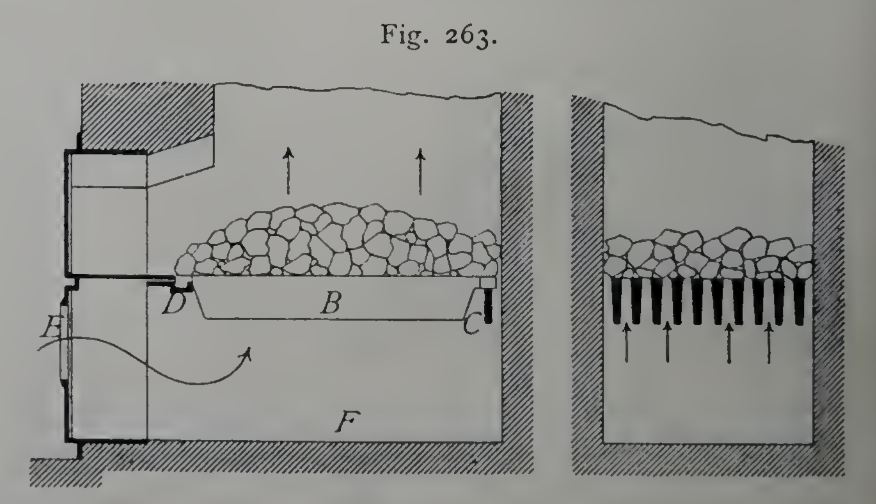
Die vorliegende Feuerstelle verdient zunächst noch Beachtung in Bezug auf die Regelbarkeit der zuströmenden Luftmengen, vermöge der verschiebbaren Thür *C*, welche ein Mittel zur Regelung der Wärmeentwickelung bietet.

Gröfsere Brennstoffmengen vermag man in einer solchen Feuerstelle nur schwierig zu verbrennen, indem der Widerstand, den die Luft, bezw. die gebildeten Rauchgase innerhalb der Brennstoffschicht finden, mit der Zunahme der Höhe derselben wächst, auch innerhalb der Wege, welche die Luft zu benutzen vermag, sehr verschieden ist. Holz und Torf lassen sich einigermafsen gleichförmig aufschichten; Kohlen und Coke bilden eine Böschung, die der in der Nähe der Stützfläche eintretenden Luft einen wesentlich längeren Weg vorschreibt, als derjenigen, welche an der oberen Fläche des Halses *B* zum Brennstoff zu gelangen sucht. Durch Anbringen einiger Stäbe bei *A* (Fig. 262, dem irischen Ofen) vermag man die Böschung in mehrere Theile zu zerlegen und hierdurch den beregten Uebelstand zu vermindern.

301. Roste.

Einen weit gleichmäfsigeren Widerstand, also auch eine entsprechend gleichmäfsigere Vertheilung der Luft gewinnt man, indem man den Brennstoff auf eine wagrechte Platte vertheilt, welche mit zahlreichen Oeffnungen für den Eintritt der Luft versehen ist. Diese Platte wird zuweilen als ein zusammenhängendes Stück hergestellt, zuweilen durch Zusammenlegen einzelner Stäbe, deren Zwischenräume für die Luft-Zuführung dienen, gebildet. Fig. 263 läfst die letztgenannte Anordnung im Längen- und Querschnitt erkennen. Die Brennstoffschicht ruht auf den einzelnen Stäben, welche mit *B* bezeichnet sind. Letztere werden durch einen Querbalken *C* und eine Leiste *D* getragen; ihre Spielräume werden durch Verdickungen an den Köpfen der Stäbe bestimmt. Die Luft bespült die Stäbe längs einer grofsen Fläche, wefshalb die Erwärmung derselben sehr gut gelingt; da die Erwärmung der Luft von der Höhe der einzelnen Stäbe abhängig ist, so müssen die Stäbe eine überall gleiche Höhe haben, also eine Gestalt erhalten, welche Fig. 263 wiedergiebt, nicht eine solche, welche an einen Träger erinnert. Auch ist die Höhe der Stäbe von der Geschwindigkeit der Luft innerhalb der Spalte, bezw. der in der Zeiteinheit durch sie strömenden Luftmenge abhängig, keineswegs aber von der Länge der Stäbe. Richtiger ist, die Stabhöhe in ein bestimmtes Verhältnifs zur Stabdicke zu setzen. Da eine grofse Stabhöhe nur durch das Raumerfordernifs schadet, so ist es zweckmäfsig, dieselbe immer der kleineren Stabhöhe vorzuziehen und selbst bei dünnen Stäben (5 mm) nicht unter 40 mm zu wählen[175].

Fig. 263.



Feuerstelle mit Planrost. — 1/10 w. Gr.

[175]) Vergl.: MEIDINGER. Ueber Feuerungsroste. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 213.

In Folge der Wärmeabgabe, welche zwifchen den Flächen der Stäbe und der Luft ftattfindet, werden die Stäbe felbft gekühlt, was zur Erhaltung derfelben von grofsem Werthe ift. Feuerftellen, in denen eine hohe Temperatur herrfcht, welche alfo im Allgemeinen als fehr gute bezeichnet werden müffen, führen den Stäben jedoch oft eine fo grofse Wärmemenge zu, dafs diefe nur eine geringe Dauer haben. Man drückt alsdann die Temperatur des Feuers durch Wafferdampf herab, welcher in einem unter der Feuerftelle angebrachten Wafferbehälter, einer die Sohle des Afchenfalles *F* (Fig. 263) bildenden, mit Waffer gefüllten Vertiefung entwickelt wird. Der Wafferdampf wird bei Berührung mit der glühenden Kohle in Wafferftoff und Sauerftoff zerlegt, wodurch eine entfprechende Wärmemenge gebunden wird. Der Wafferftoff verbrennt demnächft wieder zu Wafferdampf, fo dafs nur durch die Verdunftung des Waffers ein Wärmeverluft ftattfindet.

302.
Schüren,
Reinigen
der Rofte.

Die Brennftoffftücke und die gebildete Afche verdecken die Spalte theilweife; letztere klemmt fich fogar in die Spalte. Es ift daher der Querfchnitt, welcher der Luft frei liegt, ein überaus wechfelnder, je nachdem die Brennftoffftücke geftaltet find, je nachdem diefe unmittelbar auf den fie tragenden Stäben ruhen oder eine Afchenfchicht fie von diefen trennt, je nachdem endlich die Spalte frei gehalten werden. Man mufs daher durch häufiges »Schüren« den Zuftand gleichmäfsig zu erhalten fuchen; man reinigt insbefondere die Spalte durch rechenartige Geräthe; man bewegt die Stäbe durch befondere Mechanismen [176]). Die Gefammtheit der Stäbe *B* nebft ihren Trägern wird »Roft« genannt, weil fie zum »Roften«, Verbrennen der Kohlen u. f. w. dient.

Nicht weniger einflufsreich ift die Art und Höhe der Brennftofffchicht, da von derfelben die Widerftände abhängen, welche die Luft in ihr findet, alfo die Luftmenge, welche einftrömt.

303.
Mafsangaben.

Wegen der vielfältigen, einzeln nicht wohl verfolgbaren Einflüffe ift es unmöglich, die zweckmäfsigften Mafse für derartige Feuerftellen anzugeben; es folgen defshalb hier die gebräuchlichen Angaben, welche Mittelwerthen entfprechen. Das genauere Regeln des Luftzutrittes kann nur durch Klappen oder Schieber erfolgen, welche z. B. in der Thür *E* (Fig. 263) angebracht find, und zwar auf Grund von Unterfuchungen der entftehenden Rauchgafe [177]).

Benennung des Brennftoffes	Höhe der Brennftofffchicht	Dicke der Brennftoffftücke	Verbrennt ftündlich auf 1 qm Roftfläche	Widerftand der Luftbewegung im Feuer für 1 qm Querfchnittsfläche
Weichholz	20	3	180 bis 250	1 bis 1,6
Hartholz	20	3	150 » 200	0,9 » 1,2
Torf	18	—	70 » 120	0,9 » 1,2
Steinkohle	10	1 bis 2	60 » 110	3 » 8
Anthracit	10 bis 15	1 » 2	60 » 130	2 » 5
Coke	15 » 25	—	60 » 130	2 » 6
	Centimeter.		Kilogramm.	

Die hier angegebenen Widerftände bilden einen Theil der durch den Auftrieb des Rauchfchornfteines zu überwindenden; der zweite Theil befteht aus den in den

176) Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 229, S. 128 u. 226; Bd. 230, S. 453; Bd. 232, S. 106; Bd. 233, S. 180, 265, 353 u. 437.

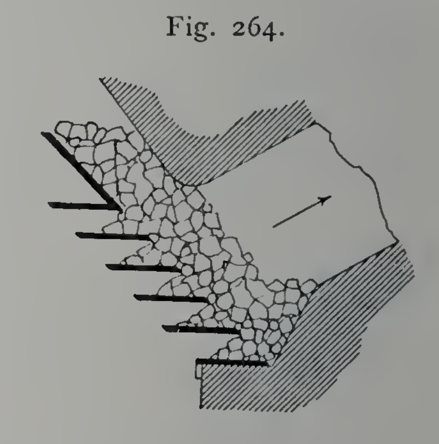
177) Vergl.: FISCHER, F. Technologie der Brennftoffe. Braunfchweig 1880. S. 220.

Rauchwegen auftretenden Widerftänden. Letztere kann man nur in einzelnen Fällen genau berechnen; fie find aber allgemein auch nicht anzugeben, vielmehr in hohem Grade vom Längenprofil und von den Querfchnitten der Rauchwege abhängig. Ueber 10 kg für 1 qm Querfchnitt pflegt der am Fufse des Schornfteines zu überwindende Gefammtwiderftand felbft bei Steinkohlenfeuerung nicht zu fteigen. Bei einfachen und weiten Rauchwegen, geringerer Beanfpruchung des Roftes, als die obige Tabelle angiebt, und fonftigen günftigen Umftänden finkt der Gefammtwiderftand bis auf 2, ja 1 kg herab.

304. Treppenrofte.

Sehr kleinkörniger Brennftoff fällt durch die Roftfpalte und geht hierdurch verloren. Eine bedeutendere Schichthöhe und Verwendung einer Feuerftelle nach Art der Fig. 261 (S. 277) ift wegen der Kleinheit der freien Hohlräume nicht anwendbar. Man verwendet für folchen Brennftoff defshalb den fog. Treppenroft (Fig. 264). Derfelbe ift aus einer Zahl nach Art der Treppenftufen über einander gelegter eiferner Stäbe gebildet, deren Breite im Verhältnifs zu ihrem lothrechten Abftande fo gewählt ift, dafs die Brennftofftheilchen nicht herausfallen können. Behuf einer gleichmäfsigen Luft-Zuführung follte die Neigung des Roftes mit dem Böfchungswinkel des Brennftoffes zufammenfallen. Diefer Böfchungswinkel ift jedoch abhängig von der Korngröfse und dem Feuchtigkeitsgehalt des Brennftoffes, der fich fortwährend ändert. Man ift — zumal das Feuer nicht gefehen werden kann — nicht im Stande, eine gleichmäfsige Schichthöhe zu fchaffen.

Fig. 264.



305. Verhütung der Rufsbildung.

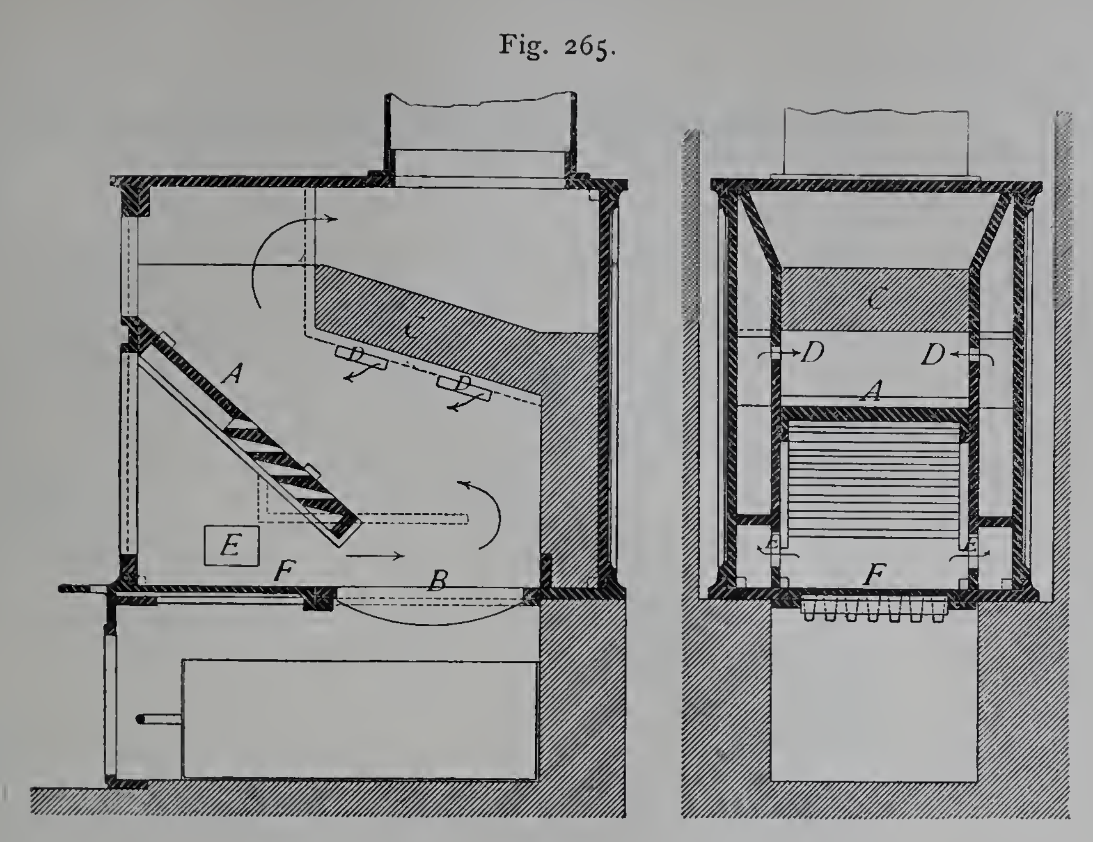
Bezüglich der Bedienung des Feuers in der Feuerftelle ift noch das Folgende zu fagen.

Die Verbrennung des Holzes, des Torfes, der Braunkohle, des Anthracits und der Coke erfordert nur das Befeitigen der Afche, bezw. (bei Anthracit und Coke) der Schlacke, fo wie das Aufbringen neuer Brennftoffmengen. Die Steinkohle, namentlich die an Wafferftoff reiche, verlangt eine weiter gehende, forgfältige Behandlung. Bringt man diefelbe auf das Feuer, fo findet eine ziemlich rafche Vergafung der flüchtigen Theile ftatt. Die gebildeten Kohlenwafferftoffe zerlegen fich, und wenn es, wie häufig der Fall, an der genügenden Temperatur fehlt, fo fcheidet fich die Kohle theilweife als Rufs aus. Zu vermindern ift die Rufsbildung dadurch, dafs man die Rauchgafe nicht eher mit kälteren Flächen in Berührung bringt, bis eine vollftändige Verbrennung erfolgt ift, und ferner, dafs man durch Zuführung erhitzter Luft diefe Verbrennung befchleunigt.

Eine zu diefem Zwecke eingerichtete Feuerftelle, die für einen Stubenofen beftimmt ift, zeigt Fig. 265 in zwei Schnitten.

Die Kohle wird durch die obere Thüröffnung eingeworfen, ftützt fich theils auf die früher gebildete, auf den wagrechten Roft *B* geftofsene Coke, theils auf die Platte *A*, und wird durch die hohe Temperatur der unten liegenden Coke und des Feuerraumes vercokt. Die Gafe ftofsen zunächft gegen das heifse Gewölbe *C*, wofelbft fie fich mit den Rauchgafen des Coke-Feuers, die in der Regel überfchüffigen Sauerftoff enthalten, namentlich aber mit derjenigen heifsen Luft mifchen, die den Oeffnungen *D* entftrömt. Die Seitenwände der Feuerftelle find zu diefem Ende hohl; in den Hohlraum tritt, vermöge der Oeffnungen *E*, Luft ein, welche gezwungen wird, einen gröfseren Theil der genannten Seitenwände zu befpülen und fich dem entfprechend zu erwärmen. Zu bemerken ift noch, dafs fowohl die Roftplatte *A*, als auch der Roft *B* nebft Herdplatte *F* behuf Reinigens des Ofens bequem nach vorn gezogen werden können.

Fig. 265.



Feuerftelle für einen Stubenofen. — $^1/_{25}$ w. Gr.

Diefe Feuerftelle gewährt zweifellos die Möglichkeit, die Rufsbildung zu verhüten, bezw. den Rauch zu verbrennen. Sobald jedoch die Vercokung fich vollzogen hat, ift die feitliche Luft-Zufuhr unnütz, und da fie einen erheblichen Luftüberfchufs liefert, fchädlich. Zweckmäfsig verwerthbar ift die Einrichtung nur, wenn man fich bequemt, den Luftzutritt dem Verbrennungsvorgange entfprechend zu regeln, d. h. das Feuer regelmäfsig zu beobachten und forgfältig zu bedienen.

306.
Feuerftelle des Schachtofens.

Die Feuerftelle des fog. Schachtofens (vom Eifenwerk Kaiferslautern, Fig. 266) foll denfelben Zweck erfüllen, ohne eine fo forgfame, als die foeben angedeutete Bedienung zu verlangen.

Die Kohle gelangt durch die geneigten Schlote *C* in den Verbrennungsraum *A*, deffen Boden die Roftplatte *hg* bildet. Diefe läfft bei *h* einen Spalt für den Zutritt der Luft frei und enthält aufserdem in der Nähe von *h* eine Anzahl Schlitze zu gleichem Zwecke. Die Verbrennung erfolgt defshalb vorwiegend in der linken Hälfte (in Bezug auf die Figur) der Feuerftelle *A*. Die von rechts herankommende Kohle gelangt zur Vercokung; ihre Gafe mifchen fich mit den Rauchgafen. In der Vorausfetzung, dafs diefe nicht mit dem nöthigen Sauerftoffüberfchufs behaftet find, ift eine befondere Zuführung erwärmter Luft vorgefehen. In den oberen Kanten der Schlote *C* befindet fich je ein Canal dreieckigen Querfchnittes, welche Canäle mit *K* bezeichnet find. Sie ftellen eine Verbindung zwifchen dem Feuer und dem Freien her, fo dafs, vermöge des Schornfteinzuges, die unterwegs erwärmte Luft, aus den dreieckigen Mündungen ftrömend, den oben erwähnten Gafen fich beimifcht.

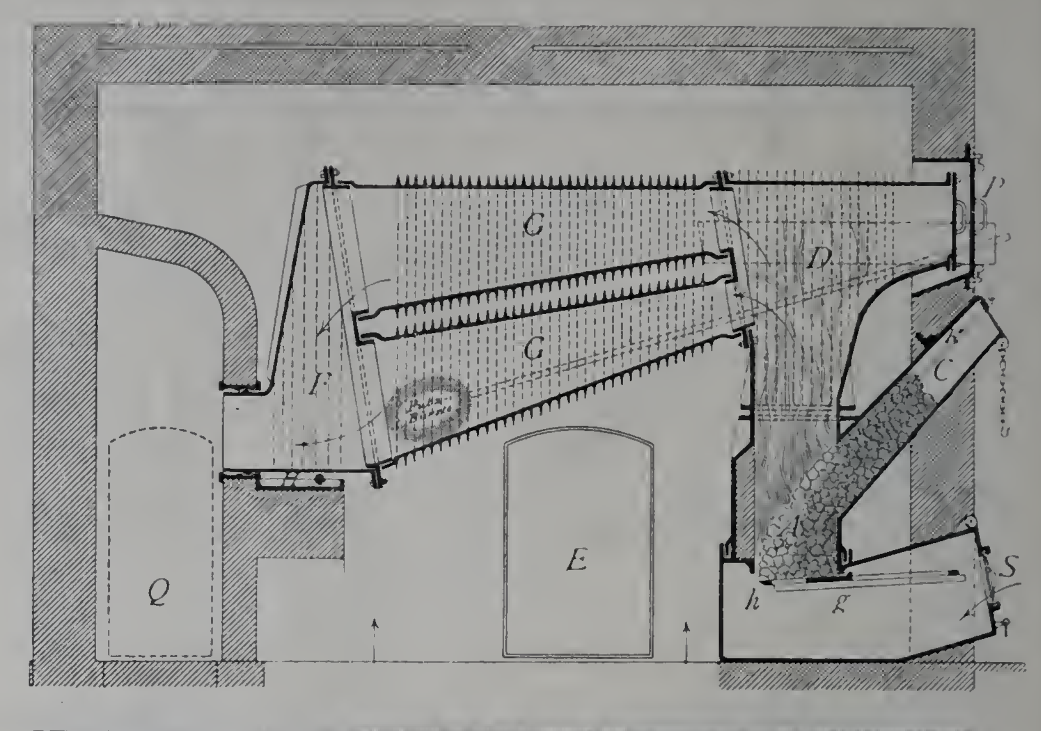
Zu diefer Feuerftelle ift zu bemerken, dafs der geplante Vorgang nicht in der erwarteten Weife eintreten wird, fobald die Kohle in nennenswerthem Grade backt, indem alsdann die gebildete Coke mit Schürwerkzeugen zerbrochen werden mufs, bevor fie dem Spalt *h* fich nähern kann, und ferner, dafs vorausfichtlich die Feuerung in der Regel mit grofsem Luftüberfchufs arbeiten mufs, um eine vollftändige Verbrennung zu erzielen.

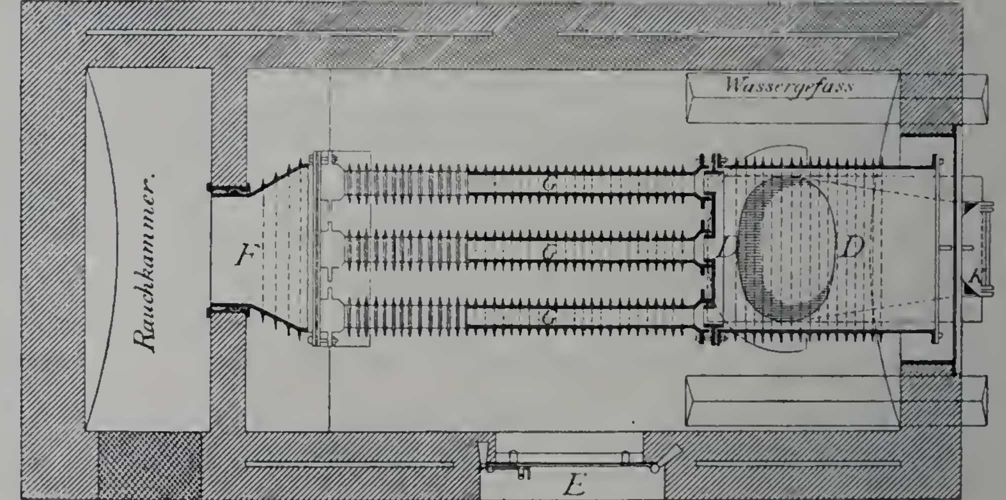
307.
Bedienung gewöhnlicher Feuerftellen.

Die gewöhnliche Feuerftelle mit ebenem oder Planroft (Fig. 263) vermag bei guter Anordnung und vorfichtiger Bedienung rauchfrei und ohne grofsen Luftüberfchufs zu arbeiten. Man fchiebt die klar brennende Coke, nachdem die gebildeten Schlackentheile befeitigt find, nach hinten und legt die neue Kohlenbefchickung vor

dieſe Cokeſchicht. Die Vercokung dieſer Kohle findet dann allmählig ſtatt, ſo daſs — wenn man die gebildeten Gaſe zwingt, über das klare Cokefeuer hinwegzuſtreichen, und eine zu raſche Abkühlung derſelben hindert — eine rauchfreie Verbrennung ohne Schwierigkeit gelingt. Nachdem die Vercokung vollendet iſt, aber nicht früher, behandelt man das Ganze, wie vorhin geſagt wurde. Dieſe Art des Feuerns liefert gute Ergebniſſe, erfordert aber einen fleiſsigen und geſchickten Arbeiter.

Fig. 266.





Schachtofen des Eiſenwerkes Kaiſerslautern. — 1/40 w. Gr.

308. Füll-Feuerungen.

In dem *Meidinger*-Ofen (Fig. 261, S. 277), den man bis zur Rauchröhre *D* mit Kohle recht gleichförmiger Körnung füllt — nach Oeffnen der Klappen *E* und *F* — entzündet man dieſelbe von oben, ſo daſs die der Kohle entweichenden Kohlenwaſſerſtoffe das höher liegende Feuer durchſtrömen müſſen und hier Gelegenheit zum Verbrennen finden.

Man unterſcheidet gewöhnliche, Halbfüll- und Füllfeuerungen, je nachdem man die mit Planroſt verſehene Feuerſtelle bei jedesmaliger Bedienung mit weniger oder mehr Brennſtoff beſchickt. Diejenigen Feuerſtellen, welche eine groſse Brennſtoffmenge zu faſſen vermögen, erleichtern die Bedienung, da ſie ſolche ſeltener verlangen. Fig. 261 u. 262 (S. 277), 265 (S. 281), 266 (S. 282), 280 (S. 293), 281 (S. 293), 283 (S. 296) u. 286 (S. 298) ſtellen Feuerſtellen dar, welche als Halbfüll-, bezw. Füllfeuerungen benutzt werden. Man kann in denſelben backende Steinkohle nur in beſchränkter Weiſe verbrennen, während Anthracit, Coke und Braunkohle ſich für Füllfeuerungen eignen.

Wegen anderer Löſungen der vorliegenden Aufgabe verweiſe ich auf die unten vermerkten Quellen [178]).

[178]) Ten-Brink's rauchverzehrende Feuerung. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 245.
Fischer, H. Bericht über die Ausſtellung von Heizungs- und Lüftungs-Anlagen in Caſſel. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 521.

Aus den gegebenen Erörterungen dürfte zur Genüge hervorgehen, dafs nur bei guter Bedienung durch gefchulte Perfonen eine tadellofe Verbrennung erzielt werden kann. Die Erfahrung hat denn auch gezeigt, dafs mit den gewöhnlichen Dienftboten überantworteten Stubenöfen oft nur 15 bis 20 Procent, durchfchnittlich 20 bis 30 Procent, höchftens 40 Procent derjenigen Wärme nutzbar gemacht werden, welche die Tabelle auf S. 274 nennt, während gut geleitete gröfsere Feuerungen durchfchnittlich 50 bis 70 Procent Wärmeausbeute liefern.

309. Wärme-ausbeute.

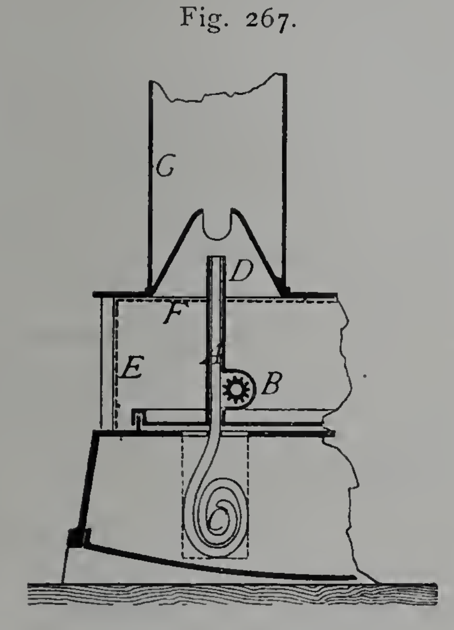
Der Gedanke, die Gewinnung der Wärme zu vereinfachen, indem in befonderen Fabriken der Brennftoff in ein gleichmäfsiges, brennbares Gasgemifch verwandelt wird, welches mittels Röhrenleitungen den einzelnen Bedarfsftellen zugeführt wird, ift daher ein durchaus gefunder. Die Grofsgewerbe benutzen diefes Verfahren in ausgedehntem Mafse; für die Heizung und Lüftung ift zur Zeit nur der Verbrauch des zu Beleuchtungszwecken verfertigten Gafes von Bedeutung, wefshalb auch nur von diefem weiter unten die Rede fein wird.

Für flüffigen Brennftoff — Erdöl — find bisher wenige Arten von Feuerftellen bekannt. Die meiften derfelben ähneln den Brennern für Beleuchtungszwecke.

310. Feuerftellen für flüffige Brennftoffe.

Fig. 267 ftellt einen Erdölbrenner, welchen ich längere Zeit beobachten konnte, in theilweifem lothrechten Schnitt dar.

Fig. 267.



Erdöl-Brenner. — 1/4 w. Gr.

Derfelbe befteht aus der 4 × 100 mm weiten Dochtröhre *A*, der Dochtftellwalze *B*, dem Erdölbehälter *C*, in welchen der Docht, durch ein Drahtnetz gegen Ueberleitung der Entzündung gefchützt, eintaucht, dem 10 × 120 mm weiten Brennermaul *D*, den durchbrochenen Einfchliefsungswänden *E* und *F*, welche den Luftzutritt zur Flamme geftatten, aber auch befchränken, und endlich der Schornfteinröhre *G*, welche 50 × 180 mm weit und 180 mm hoch ift. Ich konnte ftündlich etwa 90 g gebräuchliches Erdöl verbrennen, ohne dafs eine Rufsbildung eintrat. Mehrere folcher Brenner, in einen Körper vereinigt, dienten zur Erwärmung eines Lockfchornfteines.

Man verwendet auch Erdölbrenner ohne Docht, bei welchen das Erdöl in einem engen Spalt rechteckigen oder ringförmigen Querfchnittes emporgedrückt wird, oder man fpritzt das Erdöl in feinen Strahlen in den Verbrennungsraum, benutzt wohl auch Wafferdampf, um das Erdöl in der Feuerftelle zu zerftäuben u. f. w. Für das Heizungs- und Lüftungswefen hat das Erdöl bisher keine nennenswerthe Bedeutung erlangt, wefshalb ich mich begnüge, behufs tieferen Eingehens auf die Einrichtung folcher Feuerftellen die Abhandlung *Busley*'s [179]) zu empfehlen.

Mehr Verwendung hat bisher, trotz hohen Preifes deffelben, das Leuchtgas gefunden, wegen der Bequemlichkeit der Bedienung und der Reinlichkeit deffelben.

311. Feuerftellen für Leuchtgas.

So fern es fich um Erwärmung folcher Luft handelt, welche mit den Rauchgafen des Leuchtgafes verunreinigt werden darf, fo genügt eine entfprechende Zahl Einlochbrenner (vergl. Art. 28, S. 31), um die Heizkraft des Gafes nahezu vollftändig

---

Verdampfungsverfuche mit einem TEN-BRINK'fchen Dampfkeffel. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 461.
MAC DOUGALL's mechanifcher Roft mit Rauchverzehrung. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 128.
PROCTOR's mechanifcher Heizer. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 226.
Ueber Feuerungsrofte. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 474.
Selbftthätige Feuerung mit HOLROYD SMITH's Roftfchrauben. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 453.
Neuerungen an Dampfkeffel-Feuerungen. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 180, 265, 353, 437.

179) In: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1886, S. 989, 1013, 1037, 1060, 1089, 1109.

auszunutzen. Die Flammen leuchten und dienen deſshalb nicht allein dem Zwecke, Wärme zu entbinden, verurſachen hierdurch alſo einen allerdings geringen Wärmeverluſt. Weſentlicher iſt, daſs dieſe Flammen ruſſen, wenn ſie, bevor vollſtändige Verbrennung ſtattfand, mit kalten Flächen in Berührung kommen. Die Flammen werden nicht leuchtend, alſo auch nicht ruſsbildend, wenn das Gas vor der Verbrennung mit Luft gemiſcht wurde. Dies bezweckende Brennereinrichtungen findet man in den unten genannten Quellen beſchrieben [180]).

Im vorliegenden Falle bringt der Luftüberſchuſs keine Wärmeverluſte hervor. Weſentlich anders iſt es, wenn man den Rauch des Gaſes Wänden entlang führen will, deren entgegengeſetzte Flächen die Wärme an Luft oder Waſſer abgeben ſollen, wenn alſo die Verbrennungsgaſe, nachdem ſie den benutzbaren Theil ihrer Wärme abgegeben haben, in das Freie entlaſſen werden ſollen. Bei Verwendung des Gaſes zum Heizen ſollte nie anders verfahren werden, um die Verunreinigung der Luft durch den Rauch des Gaſes zu verhüten.

Folgende Geſichtspunkte ſind für den Entwurf derartiger Feuerſtellen maſsgebend. Offenbar muſs die der Feuerung in der Zeiteinheit zugeführte Luftmenge in beſtimmtem Verhältniſs zur Leuchtgasmenge ſtehen; wahrſcheinlich braucht ſie nur wenig gröſser zu ſein, als die in der Tabelle auf S. 274 angegebene einfache Luftmenge. Um die Wärmeentwickelung dem Bedarfe entſprechend zu regeln, muſs daher der Zufluſs des Gaſes und gleichzeitig derjenige der Luft geregelt werden, was ohne Schwierigkeit durch eine Handlung möglich ſein dürfte, indem die beiden in Frage kommenden Ventile mit einander in Verbindung ſtehen. Die Regelung dürfte um ſo leichter gelingen, da der Brennſtoff ein durchaus gleichförmiger iſt. Eine vorherige Erwärmung der Luft ſowohl, als des Gaſes iſt mindeſtens ſehr nützlich, um eine vollſtändige Verbrennung zu erreichen. Wegen der entſtehenden hohen Temperatur wird man den Verbrennungsraum aus feuerfeſtem Thon herſtellen müſſen. Die zahlreichen Gasfeuerungen der Gewerbe dürften Geſichtspunkte genug für den Entwurf einer hier in Frage kommenden Feuerſtelle bieten [181]).

c) Wärmeabgabe der Feuergaſe an die Luft.

Die Wärmeabgabe der Feuergaſe an die Luft kann ſtattfinden:

1) ohne jedes Zwiſchenmittel (Kaminheizung);
2) unter Vermittelung einer feſten Wand (Ofenheizung), und
3) unter Vermittelung feſter Wände und von Waſſer, bezw. Dampf (Waſſer- und Dampfheizung).

Im Nachſtehenden wird im Weſentlichen nur die Conſtruction der verſchiedenen Arten von Heizkörpern beſprochen werden; die decorative Ausſtattung derſelben iſt in Theil III, Bd. 3, Heft 3 (Abſchnitt über »Decorativen Ausbau«) dieſes »Handbuches« zu finden.

---

180) Prechtel, J. J. v. Technologiſche Encyklopädie. Supplementband 3. Stuttgart 1861. S. 275.
Ein Bunsen'ſcher Brenner ohne Rückſchlag. *Scientif. American*, Bd. 30, S. 387. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 408.
Muencke, R. Gaslampe für kohlenwaſſerſtoffreiche Leuchtgaſe, Fettgas, Oelgas etc. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 83.
Fischer, H. Ausſtellung in Caſſel. Feuerungen für flüſſige Brennſtoffe. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 15.
Godefroy's Brenner. Polyt. Journ., Bd. 228, S. 279.
Muencke, R. Gaslampe mit Luftregulirungsvorrichtung für gewöhnliches und für an Kohlenwaſſerſtoff reiches Leuchtgas. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 227.
Fischer, F. Ueber die Verwendung des Leuchtgaſes zur Wärmeentwicklung. Polyt. Journ., Bd. 249, S. 374.

181) Siehe auch: Reichard. Heizung mit Leuchtgas und der Karlsruher Schulofen. Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1890, S. 2.

1) Wärmeabgabe ohne Zwifchenmittel. (Kamine.)

312. Kamine.

Der reine Kamin (vergl. Art. 299 u. Fig. 259, S. 276), fo wie das offene Feuer bieten hierher gehörige Beifpiele. Die Wärmeausnutzung ift aus früher angegebenen Gründen hierbei eine fehr geringe. Auch die Beheizung einiger Lockfchornfteine (vergl. Art. 218, S. 199) gehört hierher. Diefe nutzen jedoch die Wärme der Feuergafe vollftändig aus, indem die letzteren fich mit der zu erwärmenden Luft mifchen.

Literatur

über »Kamine und Kamin-Oefen«.

ARNOTT. Kamine und Oefen zur Zimmerheizung. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1856, S. 40.
A new ventilating ftove. Builder, Bd. 9, S. 533.
MANGER. Ruffifcher Wandkamin. Zeitfchr. f. Bauw. 1858, S. 93.
STAMMAN. Kamin aus Gufseifen. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 109.
PELIGOT. Verbefferte Heizkamine von MOUSSERON & Co. Polyt. Journ., Bd. 170, S. 178.
Cheminées de M. FÉLINE. *Revue gén. de l'arch.* 1863, S. 227.
Economical fireplaces. Builder, Bd. 31, S. 224.
Eine neue Kamin-Conftruction. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1874, S. 117.
MORIN. GALTON's ventilirender Kaminofen. Polyt. Journ., Bd. 211, S. 178.
WHITWELL. *Stove. Engineer,* Bd. 37, S. 150.
BOSC, E. *Nouveau foyer de cheminée. Syftème* CH. JOLY. *Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 1.
TERRIER, CH. *La cheminée Galton. Gaz. des arch. et du bât.* 1879, S. 19.
BODEMER's Ventilationskamin. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 105; Bd. 226, S. 116.
WAZON. *Cheminée. Annales du génie civil* 1877, S. 393.
Cheminée ventilatrice deftinée aux cafernes. Syftème DOUGLAS-DALTON. *Nouv. annales de la conft.* 1876, S. 80.
Cheminée d'appartement. Syftème FURRET. *Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 256.
Sanitary fcience and practice. Iron, Bd. 10, S. 616.
Ueber Kaminheizung. Baugwks.-Zeitg. 1878, S. 454, 697.

2) Vermittelung durch eine fefte Wand.
(Oefen für Einzel- und Sammelheizungen; Canal- und Feuer-Luftheizung.)

313. Verbefferte Kamine.

Hierher gehören die Heizöfen der Einzel- und der Sammelheizungen, fo wie mehr oder weniger die Halböfen oder verbefferten Kamine, auch Kamin- oder Cheminée-Oefen genannt.

Die letzteren entfpringen den Verfuchen, die äufsere Erfcheinung des für die heutigen Bedürfniffe ungenügenden eigentlichen Kamins beizubehalten, ihn aber derart umzubilden, dafs einerfeits die Annehmlichkeiten der offenen Feuerftelle und der damit zufammenhängenden reichlichen Luft-Abführung möglichft gewahrt bleiben, andererfeits aber die Nachtheile der Kaminheizung thunlichft gemildert werden, insbefondere eine beffere Ausnutzung des Brennftoffes, als die gewöhnlichen Kamine gewähren, erzielt wird. Obwohl ungeachtet diefer Verbefferungen der Kamin-Ofen als wirthfchaftlich gutes Heizmittel nicht bezeichnet werden kann, fo findet er wegen feiner Geftalt und wegen der angedeuteten Annehmlichkeiten doch vielfache Anwendung, namentlich in folchen Fällen, wo man auf möglichft hohe Wärmeabgabe der Feuergafe keinen grofsen Werth legt. (Vergl. das vorftehende Literatur-Verzeichnifs und die unten genannten Quellen [182]).

---

182) Polyt. Journ., Bd. 226, S. 116; Bd. 231, S. 200.

314. Heizöfen.

Die Wände der Heizöfen, welche an einer Seite vom Rauche befpült werden und von diefem diejenige Wärme übernehmen, die der an der anderen Seite befindlichen Luft übermittelt wird, beftehen vorwiegend aus Eifen und Thon; nur felten werden fie aus anderen Stoffen hergeftellt.

Der gröfseren Wärmeleitungsfähigkeit wegen verwendet man Eifen, und namentlich Gufseifen, vorwiegend zu folchen Ofenwänden, welche verhältnifsmäfsig klein werden follen, während thönerne, aus fog. Kacheln, Thonröhren oder Backfteinen gebildete Oefen für diejenigen Fälle Anwendung finden, in denen der gröfsere Raumbedarf für diefelben nicht läftig ift, zu gleicher Zeit aber grofser Werth auf geringe Heizflächen-Temperatur (vergl. Art. 315, S. 287) gelegt wird. Dicke thönerne Wände vermögen eine gröfsere Wärmemenge in fich aufzufpeichern, was fie befähigt, den Wechfel in der Wärmeentwickelung weniger fühlbar zu machen. (Vergl. Art. 348, S. 330.)

Eiferne Oefen haben vor thönernen immer den Vorzug, widerftandsfähiger gegen Erfchütterungen u. a. zu fein. Man wählt das Eifen defshalb, fobald die Oefen Erfchütterungen ausgefetzt find (in Eifenbahnfahrzeugen, Fabriken, Tanzfälen u. f. w.) oder gar die Gefahr einer abfichtlichen Zerftörung vorliegt (in Gefängniffen). Für die Zimmerheizung zieht man oft Kachelöfen den eifernen Oefen vor, indem erftere meiftens durch anhaltendere Wärmeabgabe fich auszeichnen.

Die Heizung unferer Wohnräume mittels Oefen kann bis auf die frühmittelalterliche Zeit zurückgeführt werden und gehört dem Norden, hauptfächlich Deutfchland und der Schweiz an; die älteften uns erhaltenen Oefen find grofse Kachelöfen aus dem XV. Jahrhundert. Derlei Oefen wurden Anfangs aus einfach geformten, fpäter aus reicher gegliederten, meift mit plaftifchem Ornament, mit figürlichen Darftellungen, Infchriften u. f. w. verfehenen Kacheln hergeftellt, deren Wirkung durch fchlichte, farbige Glafirung, insbefondere aber durch bunten Farbenfchmelz gehoben wurde. Es kann auf diefe äufserft charakteriftifchen, oft fehr reichen und fchönen Arbeiten des fpäten Mittelalters und der Renaiffance-Zeit hier nicht eingegangen werden; es mag auf die unten genannten Quellen [183]) verwiefen und nur erwähnt werden, dafs die alten Vorbilder in neuerer Zeit nicht allein getreu und fchön nachgeahmt (dabei mit verbefferten Feuerungs-Einrichtungen verfehen) werden, fondern dafs fie auch die Anregung zu freier formaler Weiterentwickelung und zur Wiederaufnahme des Farbenfchmelzes für die neueren Kachelöfen gegeben haben. (Vergl. auch Theil I, Band 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches«, Kap. 2: Keramifche Erzeugniffe.)

Die alten (auch die reicher verzierten) Kacheln haben eine Breite von annähernd 20 cm und eine meift gröfsere Höhe, bis zu 30 cm; die neueren Mufter find niedriger und zeigen vorherrfchend grüne und braune Glafur; die bunte Farbenbehandlung ift jetzt weniger häufig, als in früheren Zeiten. Neben diefen find noch die modernen glatten Kacheln, die vor wenigen Jahren faft ausfchliefslich Verwendung fanden und als halbweifse, weifse und feine weifse Schmelzkacheln unterfchieden werden, zu erwähnen; ferner die fog. Damaftkacheln, bei denen auf der weifsen oder farbig glafirten Aufsenfläche mittels des Sandblafeverfahrens Mufter hervorgebracht find. (Siehe Fig. 269 bis 272.)

Solche Kacheln werden faft überall in der Gröfse von 20 bis 22 cm Breite auf 24 bis 26 cm Höhe, oft auch quadratifch mit 17 bis 20 cm Seitenlänge und verzierten oder einfach abgefasten Kanten hergeftellt. Des Verbandes wegen find Eckkacheln, welche einerfeits die ganze, andererfeits die halbe Breite haben, nothwendig. Die Gefimfe und Ornamente der weifsen Kachelöfen, welche durch Glafur an Schärfe der

---

[183]) Essenwein, A. Buntglafirte Thonwaaren des 15.—18. Jahrhunderts im germanifchen Mufeum. Anzeiger für Kunde der deutfchen Vorzeit 1875, S. 33, 65, 137 u. 169.

Bühler, Ch. Die Kachelöfen in Graubünden aus dem 16.—17. Jahrhundert. Zürich 1881.

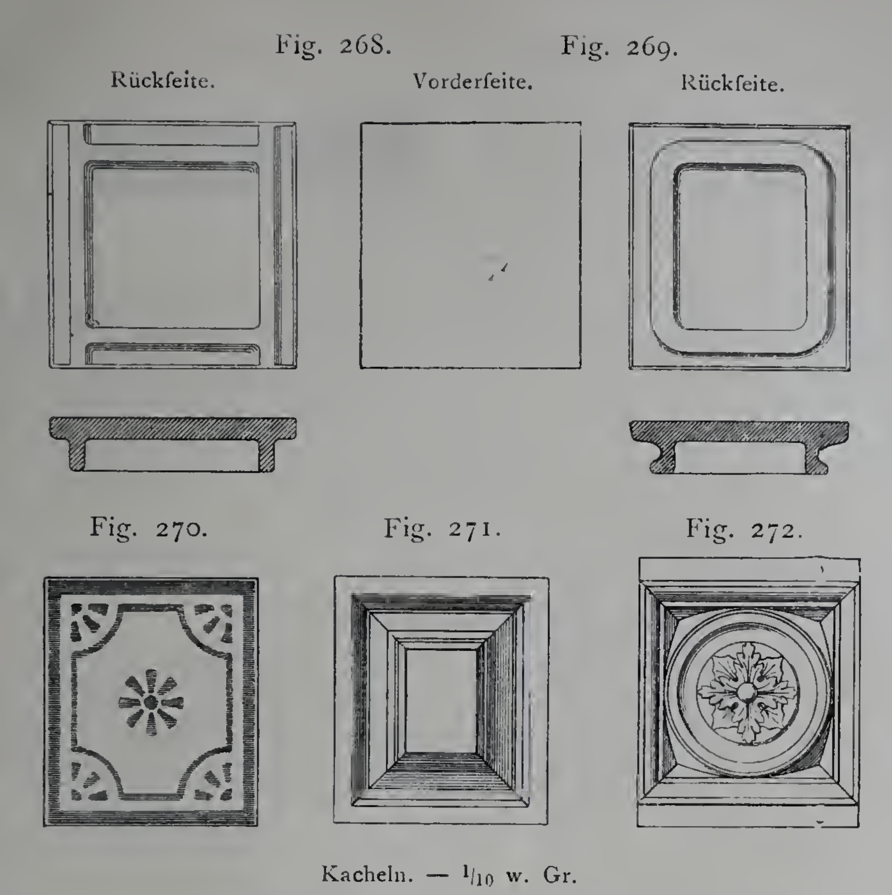


Fig. 268. Fig. 269.

Fig. 270. Fig. 271. Fig. 272.

Kacheln. — 1/10 w. Gr.

Form verlieren, werden häufig als matte Terracotten hergeftellt.

Die formale Ausbildung der gufseifernen Oefen wurde, obwohl diefelben in gewiffen Theilen Deutfchlands u. a. O. fchon feit langer Zeit vorwiegend zur Heizung der Wohnräume benutzt werden, bis vor Kurzem vernachläffigt; ziemlich finnlofe Ornamente, welche den Blechplatten des Gufsmodells in geringer Stärke aufgenietet wurden, bildeten faft den einzigen Schmuck (?). Erft der Gegenwart war es vorbehalten, auch auf diefem Gebiete läuternd vorzugehen und Formen zu fchaffen, welche künftlerifche, wie conftructive Anforderungen befriedigen können. In letzterer Beziehung ift vor Allem darauf zu achten, dafs die Abmeffungen der einzelnen Gufstheile, die Lage ihrer Fugen und Stöfse fo gewählt werden, dafs fie einerfeits der Conftruction des Ofens entfprechen, bezw. diefelbe nicht ftören, andererfeits ein leichtes und bequemes Zufammenfügen der einzelnen Theile geftatten.

In Rückficht auf die fabrikmäfsige Herftellung der gufseifernen Zimmeröfen ift darauf zu achten, dafs der Aufsenbau derfelben aus einer möglichft geringen Zahl lothrechter Platten beftehe, deren Modell fich beim Formen ohne Weiteres aus dem Formfand herausheben läfft, fo wie aus einer Folge von wagrecht liegenden Ringen, die in gleicher Weife ohne jede befondere, gekünftelte Verunftaltung geformt werden können. Defshalb darf das Modell der Platten nirgends unterfchnitten fein und dasjenige der Ringe keine Nuth und keinen vorfpringenden Stab aufweifen. Bei eckig geftalteten Oefen ift auch noch zu berückfichtigen, dafs je zwei von den vier lothrechten Platten, welche ein Stockwerk des Ofens bilden, an den Kanten um ein beftimmtes Mafs (etwa 1,5 mm) überftehen müffen [184]. Weiteres über architektonifche Geftaltung der Zimmeröfen ift im vorhergehenden Hefte diefes »Handbuches« (Abfchnitt über »Decorativer Ausbau«) zu finden.

315.
Heizflächen.

Auf den Heizflächen liegender Staub oder an ihnen haftender Schmutz zerfetzen fich, fo weit fie pflanzlichen oder thierifchen Urfprunges find, verhältnifsmäfsig rafch; ja nicht felten ift die Heizflächen-Temperatur hoch genug, um die Schmutztheile zu verbrennen. Die entftehenden Gafe verderben natürlich die fich an den Heizflächen erwärmende Luft. Es ift daher die Reinhaltung der Heizflächen von hohem Werthe; man hat dafür zu forgen, dafs fie gut von Schmutz zu reinigen find.

Dies bedingt zunächft entfprechende Zugänglichkeit, ferner aber einen Zuftand der Flächen, welcher ihre Reinigung nicht erfchwert.

Glatte, wo möglich mit einem Glasflufs oder Schmelz überzogene Flächen find von diefem Gefichtspunkte aus die zweckmäfsigften, rauhe Flächen dagegen im Allgemeinen zu verwerfen.

In Rückficht auf die Wärmeabgabe verhält fich aber die rauhe Fläche günftiger, als die glatte. Dies erfieht man bereits aus der auf S. 98 gegebenen Tabelle für

---

184) Siehe: Eiferne Zimmeröfen. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 2.

die Wärmeſtrahlung; es geht noch deutlicher aus folgender überſchläglicher Rechnung hervor.

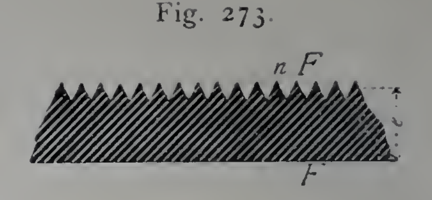


Fig. 273.

Der durch Fig. 273 dargeſtellte gufseiſerne Wandquerſchnitt von der Breite e wird einerſeits von der glatten Fläche F, andererſeits von einer gerieſten Fläche, deren Gröſse durch die Rieſung zu nF geworden iſt, begrenzt.

Es werde die eine Seite der Wand durch 450 Grad warmen Rauch, die andere durch 30 Grad warme Luft beſpült; dann wird man in Gleichung 14, bezw. 15 (S. 100) für $t_1 - t$ die Zahl 200, für s den Werth 3,2 und für l die Zahl 6 einſetzen können, ſo daſs

$$\psi = s\left[1 + 0{,}0056\ (t_1 - t)\right] + l\left[1 + 0{,}0075\ (t_1 - t)\right] = 3{,}2 \cdot 2{,}12 + 6 \cdot 2{,}5 = \text{rund } 17$$

iſt. Wären beide Flächen glatt, d. h. $n = 0$, ſo wäre nach Gleichung 37 (S. 106)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}} = \frac{850}{50 + 50 + 0{,}17} = \text{rund } 8{,}5\ ;$$

wäre dagegen $n = 2$, alſo die Rieſung unter 60 Grad ausgeführt, ſo wäre $\Psi = 2\psi$, alſo

$$k = \frac{1700}{50 + 100 + 0{,}34} = \text{rund } 11{,}3.$$

Man iſt mit der durch eine ſolche Rieſung zu erzielenden Vergröſserung des k vielfach nicht zufrieden, ſondern bildet — namentlich auf der von der Luft beſpülten Seite — hohe Rippen nach Fig. 274 u. 275 aus, welche hinſichtlich ihres Abſtandes (von $0{,}02\ ^m$ ab aufwärts), ihrer Länge (von $0{,}01\ ^m$ bis $0{,}25\ ^m$) und ihrer Dicke ſehr verſchieden ſind. Dieſe Rippen vergröſsern die Oberfläche erheblich in dem Sinne, wie das vorige Beiſpiel dies erläuterte. Indeſs ſind bei der Werthſchätzung dieſer Vergröſserung folgende Umſtände nicht zu überſehen.

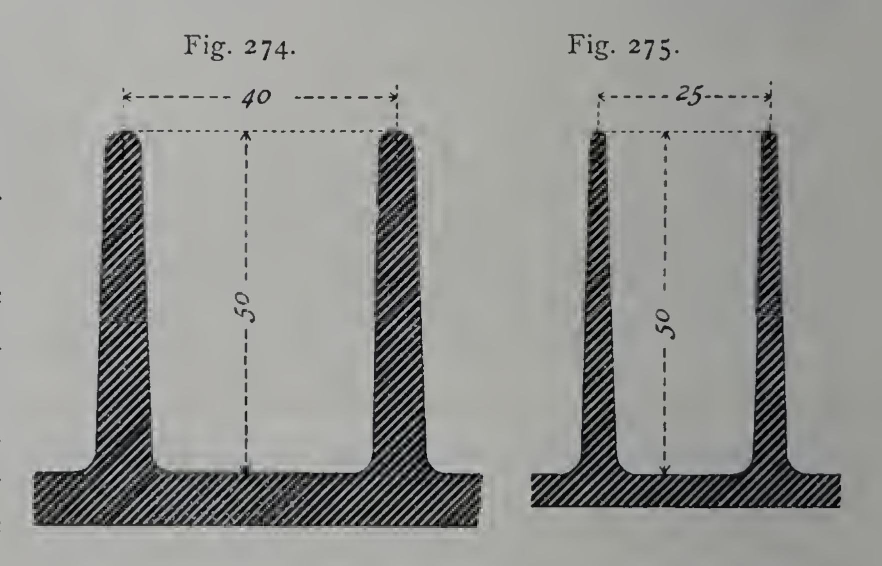


Fig. 274. Fig. 275.

Zunächſt geht ein Theil der Wärmeſtrahlung verloren, indem ſich gegenſeitig beſtrahlende Flächen gleiche Temperaturen haben; Gleiches tritt aber auch bei anderen zuſammengeſetzten Heizflächen ein. Ferner iſt die Temperatur der Rippenoberfläche um ſo niedriger (wenn, wie faſt immer, die gerippte Seite die wärmeabgebende iſt), je weiter die betreffende Stelle von der Wurzel der Rippe entfernt liegt.

Deny fand [185]) bei $0{,}2\ ^m$ hohen Rippen:

$0{,}04\ ^m$ von	der	Wurzel	263	Grad
$0{,}10\ ^m$ »	»	»	186	»
$0{,}16\ ^m$ »	»	»	134	»

Andere, in derſelben Quelle angegebene Verſuche liefern ähnliche Ergebniſſe. *Deny* verſucht, die Ergebniſſe in rechneriſche Formen zu kleiden. Ich vermag denſelben aber kein Vertrauen zu ſchenken, weil folgender Umſtand nicht berückſichtigt worden iſt.

Dieſer meines Erachtens wichtige Umſtand beſteht in der Verſchiedenheit der Temperaturen, welche dem wärmeaufnehmenden Mittel, das zwiſchen den Rippen ſich fortbewegt, eigen iſt. So lange man annehmen darf, daſs daſſelbe, z. B. Luft, den dann lothrechten Canal zwiſchen den Rippen ohne erhebliche Seitenſtrömungen

---

185) Siehe: DENY, F. Die rationelle Heizung und Lüftung. Deutſch von F. HAESECKE. Berlin 1886. S. 46.

verfolgt, mufs der längs der Sohle ftrömende Theil viel wärmer werden, als der weiter aufsen fliefsende, weil erfterer eine verhältnifsmäfsig gröfsere Heizfläche befpült, als letzterer. Der Canal hindert natürlich Seitenftrömungen an feiner offenen Seite viel weniger, als in der Nähe der Sohle, fo dafs das Wärme abführend wirkende Mifchen der im Canal fich bewegenden Luft an erfterer Stelle viel lebhafter ftattfindet, als an letzterer. Hierdurch wird die Verfchiedenheit der Temperaturen weiter gefteigert. Da endlich, wie bereits angegeben, die weiter nach aufsen gelegenen Flächen weniger warm find, als die der Wurzel derfelben benachbarten, fo wird auch hierdurch die Temperatur-Verfchiedenheit des Wärme aufnehmenden Mittels gefteigert. Für die Wärmeabgabe der Heizflächen ift aber wefentlich deren Temperatur-Ueberfchufs gegenüber dem zu Erwärmenden mafsgebend.

Aus den erwähnten vielfeitigen Einflüffen dürfte nur ein äufserft verwickelter Ausdruck zur Beftimmung des Temperatur-Ueberfchuffes allgemein zutreffende Ergebniffe liefern, fo dafs es, wenigftens zur Zeit, zweckmäfsiger ift, den Nutzen der Rippen nach Erfahrungswerthen zu fchätzen.

Dies ift insbefondere hinfichtlich derjenigen Heizflächen richtig, die an einer Seite vom Rauche befpült werden, weil man felbft die Rauchtemperatur nicht mit Sicherheit zu beftimmen vermag. Weiter unten finden fich hierüber einige Angaben.

316. Ofenmäntel.

Man kann die Heizflächen in dem zu erwärmenden Raume fo aufftellen, dafs die Wärmeftrahlen nur durch die Luft gehemmt werden, fonft frei auf gegenüber befindliche Menfchen, Möbel u. f. w. fallen. Diefes Verfahren hat zwei Nachtheile. Zunächft ftören die Wärmeftrahlen denjenigen, welchen fie treffen; ferner findet die Erwärmung der unmittelbar über dem Fufsboden befindlichen Luft nur in mangelhafter Weife ftatt. Stellt man einen Schirm, deffen unterer Rand um ein gewiffes Mafs vom Fufsboden entfernt ift, vor der betreffenden Heizfläche auf, fo wird — in erfter Linie — nur die zwifchen diefem Schirme und der Heizfläche befindliche Luft erwärmt; fie fteigt nach oben und veranlafft die nahe dem Fufsboden befindliche kältefte Luft durch den Spalt, welcher zwifchen dem unteren Schirmrande und dem Fufsboden vorhanden ift, zur Heizfläche zu ftrömen. Die kältefte Luft wird alfo befeitigt; an ihre Stelle tritt wärmere, von oben allmählig niederfinkende Luft, d. h. unmittelbar über dem Fufsboden entfteht eine höhere Temperatur, als wenn der Schirm nicht vorhanden wäre. Der zu einem die Heizfläche ganz umgebenden Mantel ausgebildete Schirm wirkt offenbar vollkommener, fo dafs meiftens die Anwendung folcher Ofenmäntel der freien Lage der Heizflächen vorzuziehen ift. So weit vorläufig über Ofenmäntel und nicht ummantelte Oefen.

317. Erwärmung mittels Canalheizung.

Die Wärme des Rauches wird an die Luft abgegeben, indem man den Rauch durch einen Canal (den Rauchweg) führt, deffen Wände mit ihrer Aufsenfläche Luft berühren. Die Geftalt des Rauchwegs ift von Einflufs auf die Leiftung der Oefen. Man kann dem Rauchweg eine nahezu wagrecht liegende, lang geftreckte gerade Geftalt geben [186]). Diefe Anordnung leidet zunächft an dem Mangel des fchwierigen Dichthaltens der Verbindungen, indem die grofse ununterbrochene Länge des Rauchweges entfprechend grofse Dehnungen verurfacht, denen der Canal, feines grofsen Gewichtes halber, nicht genügend zu folgen vermag. Aufserdem bietet diefe

---

186) Vergl. das Kapitel über »Canalheizung« in: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunfchweig 1880. S. 691 — ferner:
KNOBLAUCH, E. Der Umbau der Jerufalem-Kirche in Berlin. Deutfche Bauz. 1880, S. 216.
Kirchenheizung. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1869, S. 285.
BLANKENSTEIN. Ueber die WAGNER'fche Canalheizung in den Kirchen Leipzigs. Zeitfchr. f. Bauw. 1872, S. 37.

Canalheizung erhebliche Schwierigkeiten beim Anheizen (vergl. Art. 184, S. 164), welches meiftens ein zuvoriges Anwärmen des Schornfteines verlangt.

Man begegnet nicht felten der Auffaffung, dafs durch die Canalheizung, deren Rauchweg die ganze Länge des zu beheizenden Raumes durchfchneidet, letzterer befonders gleichförmig erwärmt werde. Diefe Anficht ift eine irrthümliche, indem nothwendiger Weife in der Nähe der Feuerftelle der Rauch eine weit höhere Temperatur haben mufs, als in der Nähe des ihn abführenden, zugerzeugenden Schornfteines. Der Verfuch, der hieraus entftehenden Ungleicheit der Heizflächen-Temperaturen durch Anordnung verfchieden dicker oder doch verfchieden gut leitender Canalwände entgegenzutreten, ift bisher nicht gelungen; man mufs daher die Ausgleichung der Temperaturen innerhalb des zu beheizenden Raumes der Luft deffelben überlaffen.

Dies find fchon genug gegen die Anwendung der Canalheizung fprechende Gründe; fie kommt defshalb nur noch felten zur Anwendung. Der lange wagrechte Rauchweg kann auch in mehrere kürzere neben einander liegende Stücke zerlegt werden, von denen jedes einen Theil des Rauches erhält [187]). Die Schwierigkeit, den Rauch auf die einzelnen Rauchwege gleichmäfsig zu vertheilen, macht diefe Anordnung indefs wenig empfehlenswerth.

Fig. 276.

Säulenofen.

318.
Erwärmung mittels Ofenheizung.

Es ift ferner möglich, den Rauch lothrecht oder doch nahezu lothrecht nach oben ftrömen zu laffen. Fig. 276 verfinnlicht diefe Einrichtung. Nur derjenige Rauch, welcher die Ofenwandungen berührt, wird unmittelbar abgekühlt, der in der Mitte des Rauchweges befindliche dagegen nur in fo weit, als derfelbe — vielleicht in Folge von Wirbelungen — an den erftgenannten Wärme abgiebt. Der kühlere Rauch ift der fchwerere; derfelbe ift den Reibungswiderftänden der Wandung unmittelbar ausgefetzt, wefshalb er fich wefentlich langfamer nach oben bewegt, als der in der Mitte des Rauchweges befindliche wärmere Rauch. Diefer gelangt daher rafcher und weniger entwärmt von der Feuerftelle *A* zum Schornfteine *B*, als derjenige Rauch, welcher mit den Ofenwänden in Berührung fteht. Die Leiftung der Anordnung wird daher eine geringe fein, wie man von den fog. Kanonen- oder Säulenöfen weifs. Je weiter der Querfchnitt der den Schornftein bildenden, bezw. der zum Schornftein führenden (fog. Rauch-) Röhre *B* ift, um fo rafcher wird der wärmere Rauch entweichen, um fo geringer die Wärmeabgabe des Ofens werden.

Fig. 277.

Zickzack-Oefen.

Der Zickzack-Ofen (Fig. 277) ift vortheilhafter, indem an jeder fcharfen Ablenkung des Rauchweges lebhafte Wirbelungen entftehen, die Mifchungen des kalten und wärmeren Rauches hervorrufen. Diefe Mifchungen gelingen jedoch nicht vollftändig, fo dafs, namentlich bei weiten Rauchwegen, die wärmften, am wenigften ausgenutzten Rauchgafe den anderen voreilen. Durch zweckmäfsige Wahl der Querfchnitte vermag man diefen Uebelftand fehr herabzudrücken; jedoch ift ein vollftändiges Anpaffen derfelben an die zu leitenden Rauchmengen nicht möglich, theils wegen des wechfelnden Wärmebedarfes, theils wegen der Rufsanfammlung, welche die Querfchnitte fortwährend ändert.

187) Vergl.: REDTENBACHER, F. Der Mafchinenbau. Bd. 2. Mannheim 1863. S. 444.

In der 1876-er Hygiene-Ausſtellung zu Brüſſel waren ruſſiſche Säulenöfen vertreten, bei denen auf folgendem Wege das einſeitige Voreilen der heiſseſten Gaſe verhütet wurde. In dem Schacht, deſſen unterer Theil die Feuerſtelle enthielt, waren mehrere wagrechte Platten angebracht, welche dem Rauche nur geſtatteten, zwiſchen ihrem Rande und der Schachtwand emporzuſteigen. Angeſichts der geringen Weite der betreffenden Oeffnungen kann man wohl erwarten, daſs bei jeder Platte eine ziemlich vollſtändige Miſchung der verſchiedenen warmen Rauchtheile ſtattfindet.

Der durch Fig. 278 dargeſtellte Rauchwegsverlauf, welcher bereits in Art. 231 (S. 213) beſprochen wurde, erſcheint als der vortheilhaftere, indem dieſer nur den am meiſten abgekühlten Rauch in den Schornſtein entweichen läſſt. Er vereinigt hiermit noch den Vortheil, daſs, wenn der betreffende Ofen ummantelt oder derſelbe in einer beſonderen Heizkammer aufgeſtellt iſt, der kälteſte Rauch der kälteſten Luft gegenüber ſich befindet, alſo eine möglichſt ſtarke Abkühlung des Rauches, bevor derſelbe in den Schornſtein entweicht, geſtattet. Man führt die vorliegende Rauchwegsanordnung entweder getreu nach dem vorliegenden Bilde aus [188]), wobei nach Umſtänden eine Zerlegung des Kaſtens B (Fig. 278) in lothrechte neben einander liegende Theile ſtattfindet, oder man läſſt den Rauch in zickzackförmig geſtalteten Röhren B, nach der ſchematiſchen Figur 279, vom lothrechten Feuerſchacht A nach dem Schornſteine ſich bewegen [189]).

Fig. 278.

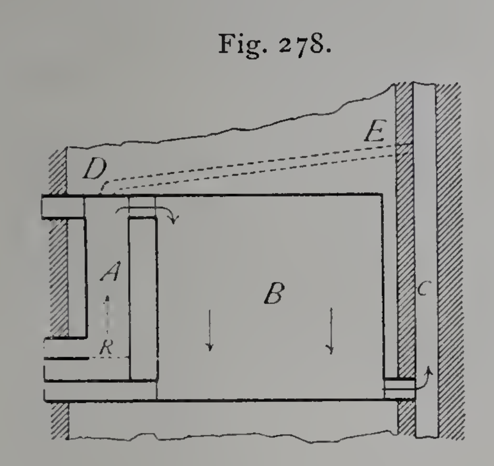
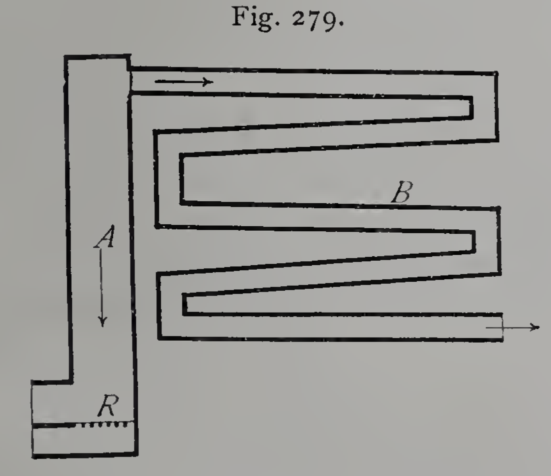


Fig. 279.



Gleichgiltig, ob man den zweiten Theil des Ofens, in welchem der Rauch vorwiegend feine Wärme abgeben ſoll, kaſtenförmig oder in der angegebenen Art aus Röhren bildet, iſt die Weite der Querſchnitte nur in ſo fern zu beachten, als ſie für das Durchſtrömen des Rauches weit genug ſein müſſen. Eine beliebige Vergröſserung der Querſchnitte über das nothwendige Bedürfniſs hinaus ſtört die Nutzleiſtung des Ofens nicht.

319.
Entruſſung der Rauchwege.

Die Geſtalt der Rauchwege iſt mit Rückſicht auf ihre Entruſſung zu wählen. Wenn auch die nach zuletzt genannter Art angeordneten Oefen einer Entruſſung zu Gunſten des Freihaltens der Rauchwegs-Querſchnitte nicht bedürfen, ſo iſt doch die Beſeitigung des Ruſſes geboten, um die innere Seite der Wandungen rein, ſie alſo zur Wärmeleitung geeigneter zu erhalten. Die feine Zertheilung des Ruſſes befähigt denſelben, geringem Luftzuge folgend, ſich weit zu verbreiten, ſobald derſelbe von den Rauchwegswänden abgelöst worden iſt. Das Entruſſen verurſacht

188) Vergl.: Boyer's Luftheizungsofen. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1869, S. 282.
Oefen von Cordes & Herm. Fischer. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1872, S. 28.
Schachtofen Kaiſerslautern. Art. 306 (S. 281) dieſes Bandes.
Cederblom. Beheizung mit warmer Luft. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 416.
Käuffer. Feuerluftheizungsofen. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 418.
Gebr. Körting. Ofen mit Schrägrippen. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1886, S. 746; 1888, S. 780.

189) Vergl.: Fischer, H. Ausſtellung in Caſſel. Oefen von Reinhardt in Würzburg und von Kelling in Dresden. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 10 u. 11.
Fischer, H. Weltausſtellung in Paris. Halbofen von Gaillard, Haillot & Co. in Paris. Polyt. Journ. Bd. 231, S. 201.

defshalb, trotz gröfster Vorficht, Verunreinigung der Luft. In den Zimmern ftehende Oefen wird man, wenigftens in der Regel, nur fo einrichten können, dafs die Entruffung derfelben von diefem Zimmer aus erfolgt; Oefen, die in Heizkammern aufgeftellt find, können und follen immer fo eingerichtet werden, dafs der Rufs nicht in die Heizkammern gelangen kann.

320. Verhütung zu hoher Temperatur.

Die Temperatur in der Feuerftelle und des ihr zunächft liegenden Theiles des Rauchweges ift eine fo hohe, dafs die mit den Aufsenflächen derfelben in Berührung tretende Luft häufig zu fehr erwärmt wird. Der Luft find faft immer zahlreiche Staubtheilchen beigemifcht, welche, fo weit fie pflanzlichen oder thierifchen Urfprunges find, an den zu heifsen Ofenwänden verfengt werden und hierdurch einen brenzlichen Geruch hervorbringen können.

Es ift daher Sorge zu tragen, dafs die Aufsentemperatur der in Rede ftehenden Ofentheile ein gewiffes Mafs nicht überfchreitet. Dies wird auf verfchiedenen Wegen erreicht: man führt die Wärme fo entfchieden aus der Wand ab, dafs die Aufsentemperatur entfprechend finkt, oder man erfchwert den Durchgang der Wärme vom Feuer bis zur Aufsenfläche des Ofens.

Eine rafche Abführung der Wärme ift zunächft möglich durch Anbringung von Hohlräumen zwifchen Aufsen- und Innenfläche der fraglichen Wand, durch welche Waffer geleitet wird; das Waffer giebt die aufgenommene Wärme an einem anderen Orte an die Luft ab [190]).

321. Vergröfserung der Wärme abgebenden Fläche.

Sie kann ferner erreicht werden durch Vergröfserung der Wärme abgebenden Oberfläche. Dicke, kugel- oder trommelförmige Wände (vergl. Art. 105 u. 107, S. 102 u. 104) haben eine weit gröfsere Aufsen-, als Innenfläche und können defshalb im vorliegenden Sinne verwendet werden [191]). In gleichem Sinne findet die Riefung der Oberflächen, bezw. die Befetzung derfelben mit Rippen ftatt; letztere find zuweilen ungemein hoch und dick [192]). Wenn diefelben auch die Wärme-Abfuhr in ziemlichem Grade fördern, fo vermögen fie doch nicht zu verhüten, dafs die Sohle der von den Rippen gebildeten Canäle faft fo heifs wird, wie die Wandfläche ohne die Rippen werden würde. Statt der Rippen kommen auch fpitzen- und knopfförmige Auswüchfe zur Verwendung.

322. Erfchwerung des Wärmedurchganges.

Die Erfchwerung des Wärmedurchganges vom Rauch zur Aufsenfläche des Ofens wird zunächft durch Anwendung dicker, aus nicht gut leitenden Stoffen hergeftellter Wände erreicht. Namentlich ift die Auskleidung der Feuerftelle mit feuerfeften Steinen oder feuerfeftem Mörtel beliebt und zweckmäfsig. Die weiter unten befchriebenen Oefen bieten mehrfach Beifpiele diefes Verfahrens. Es ift jedoch nicht zu verkennen, dafs daffelbe zu häufigeren Ausbefferungsarbeiten Veranlaffung giebt, da die Afche der Brennftoffe mit der Ausfütterung der Feuerftelle fich verfchlackt.

Durch Einfchaltung einer Luftfchicht zwifchen Feuer und Aufsenwand ift eben fo der Wärmedurchgang zu erfchweren. Fig. 280 ftellt den *Perry*'fchen, nur für Anthracit, bew. wenig fchlackende Coke verwendbaren amerikanifchen Ofen (*Crownjewel*) in zwei lothrechten, einem wagrechten und einem Nebenfchnitt dar.

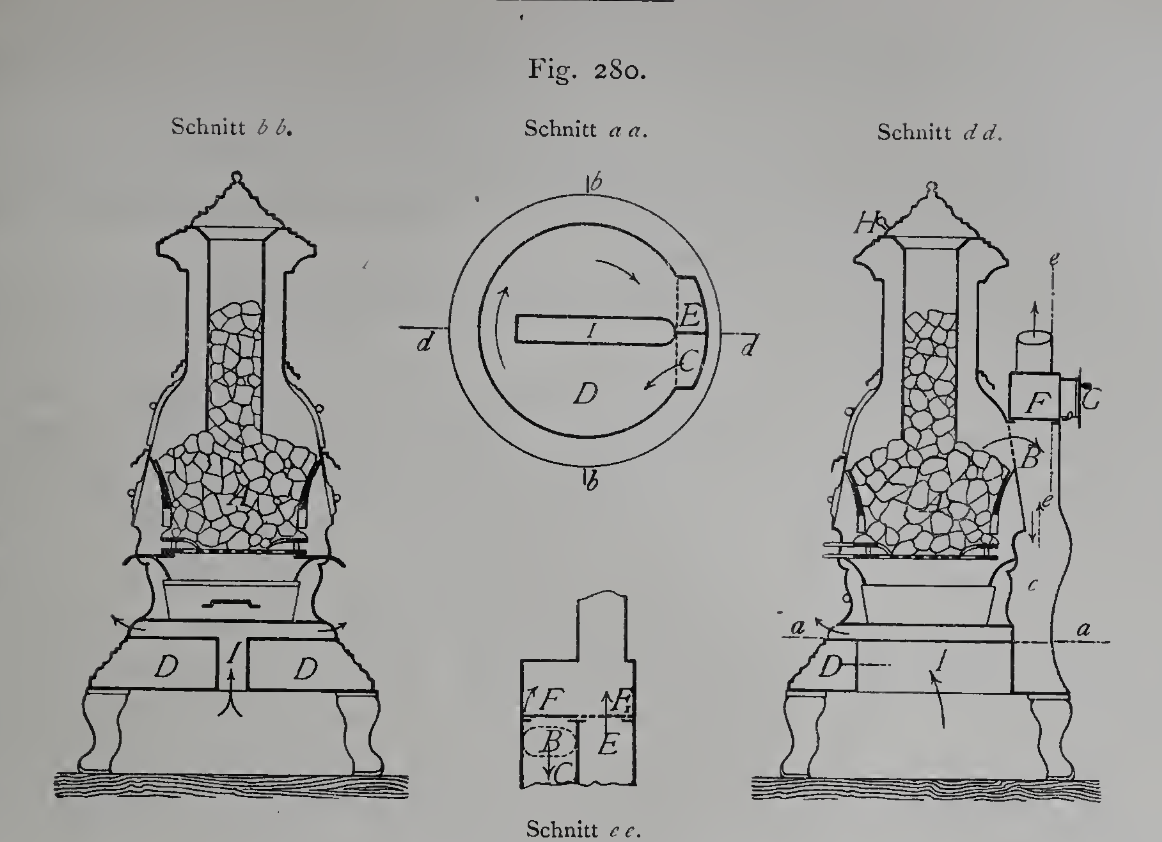
Die Feuerftelle *A* ift ein fich nach unten verjüngender gufseiferner Topf, deffen Boden eine durchlöcherte Platte bildet. Diefer Topf wird durch eine weiter abliegende Wand umfchloffen. Es wird daher diefe Wand nur vermöge der Strahlung und vermöge der an dem Topf erwärmten, fich jedenfalls rafch bewegenden Luft erwärmt. Die Rauchgafe verlaffen den Feuerraum bei *B* (Schnitt *dd*). Vorher

190) Siehe: Ofen von KELLING. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 122.

191) Siehe: Ofen der »Schweizerifchen Induftrie-Gefellfchaft«. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 117.

192) Siehe: Luftheizungsofen von THIERRY, VIOTTE & DEROSNE. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 289.

Fig. 280.



Perry's amerikaniſcher Ofen.

machen dieſelben eine Nebenſtrömung in dem ringförmigen Hohlraume zwiſchen dem Vorrathsbehälter des Brennſtoffes und der oberen Auſsenwand des Ofens. Erſterer wird viel wärmer ſein, als letztere; folglich ſtrömen die Gaſe vorwiegend an jenem empor, während der kältere Rauch, unterwegs mit dem aufſteigenden Rauche vielfach Miſchungen eingehend, an der Innenfläche der Auſsenwand niederſinkt, ſo daſs dieſe nicht im Uebermaſs erwärmt wird. Es ſei bei dieſer Gelegenheit die übrige Ofeneinrichtung kurz erwähnt. Der Rauch ſoll in der Regel von B (Schnitt *d d*) aus durch den Canal C nach unten ſtrömen, den im Fuſs des Ofens befindlichen Raum D durchflieſsen (Schnitt *a a*), um dann durch den neben C liegenden Canal E zum Schornſteine zu gelangen. Die Rauchführung iſt hiernach im Sinne früherer Erörterungen als zweckmäſsig zu bezeichnen.

Um während des Anfeuerns dem wenig warmen Rauche die Erwärmung des Schornſteines zu erleichtern, kann man die Klappe F (Schnitt *e e*) in die punktirte Lage F_1 bringen, indem man dieſelbe mit Hilfe des Hebels G (Schnitt *d d*) um 180 Grad dreht. Die kalte Luft des Fuſsbodens ſteigt durch den Spalt I des Ofenfuſses empor, erwärmt ſich an den betreffenden Wandungen des Canales D und entweicht ſeitwärts in das Zimmer.

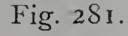
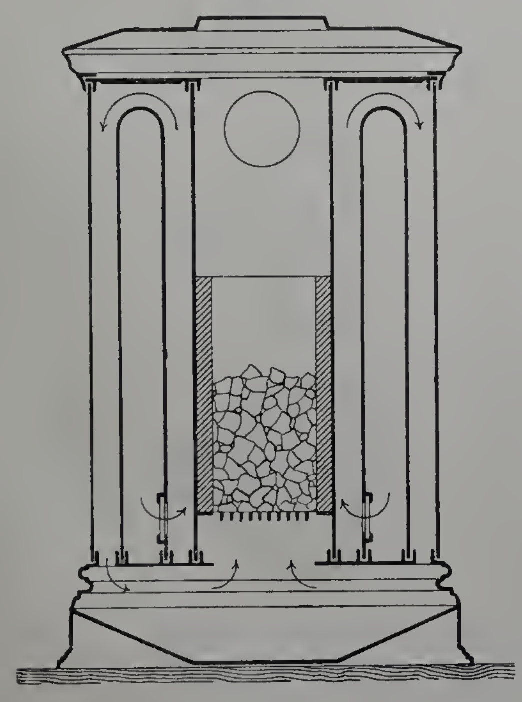


Fig. 281.



Ofen von *Wehrenbold* in Lühnen a. d. Lippe.

Wehrenbold in Lühnen a. d. Lippe erwärmt, wie aus Fig. 281 zu erkennen iſt, mittels der ſchon durch Mauerwerk gering leitend gemachten Wände der Feuerſtelle Luft, welche, zwei Canäle durchſtrömend, ihre Wärme an die Zimmerluft abgiebt und hierauf zur Nährung des Feuers dient. Dieſer Gedanke würde, wenn zweckmäſsig ausgebildet, im vorliegenden Sinne ſehr gut zu verwenden ſein; leider iſt der Ofen im Uebrigen nicht zu loben.

Endlich iſt noch das Verfahren zu nennen, welches die übergroſse Erwärmung der Heizflächen dadurch verhindert, daſs die Feuerſtelle in einen gröſseren Raum eingebaut iſt, ſo daſs die Wände derſelben vom niederſteigenden Rauche beſpült

werden, während diefem beim Verlaffen der Feuerftelle fofort eine grofse Heizfläche dargeboten wird.

Die betreffende Feuerftelle ift derjenigen des oben befchriebenen *Perry*'fchen Ofens ähnlich, indem die Aufsenwandung von dem Topfe, welcher das Feuer enthält, lediglich weiter abfteht, als bei diefem.

Am vollftändigften ift der in Rede ftehende Gedanke im Ofen von *Weibel* (Fig. 285, S. 298) durchgebildet.

323. Verhütung der Staub-ablagerung.

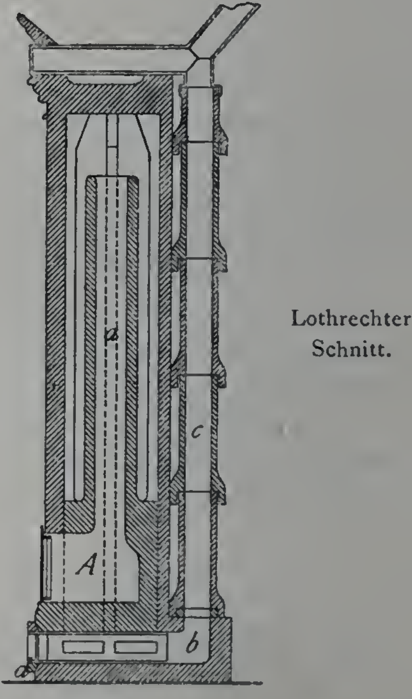
Wenn fchon der in der Luft fchwebende Staub die Gefahr einer Luft-verfchlechterung bietet, fo ift daffelbe in viel höherem Mafse der Fall Seitens desjenigen Staubes, welcher fich auf den Heizflächen ablagert. Es find daher, wie in Art. 315 (S. 287) fchon erwähnt wurde, die Heizflächen regelmäfsig rein zu halten, alfo an jeden Ofen und auch an die Aufftellungsart deffelben die Forderung zu ftellen, dafs die Heizflächen, auf welchen Staub fich ablagern kann, möglichft klein und von Staub möglichft bequem zu fäubern find. Da an lothrechten Flächen die Staubablagerung fehr gering ift und diefe, wie an anderem Orte befprochen wurde, für die Wärmeabgabe fehr günftig find, fo ift das Ueberwiegen der lothrechten Flächen eines Heizkörpers regelmäfsig als Vorzug desfelben aufzufaffen.

324. Einflufs der Temperatur-fchwankungen.

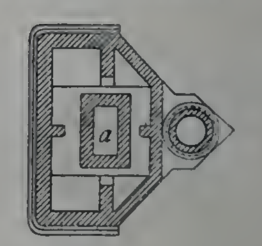
Die lebhaften Temperaturfchwanknngen, denen die Ofenwände unterworfen find, bedingen wechfelnde und verfchiedenartige Ausdehnungen. Denfelben ift namentlich defshalb Rechnung zu tragen, weil fie — durch Zerfpringen der Wände oder allmähliges Zerftören derfelben — Undichtheiten hervorrufen. Diefe veranlaffen einen Wärmeverluft, indem Luft durch fie eingefogen wird; fie laffen aber auch Rauch ausftrömen, fobald durch irgend einen Zufall der Druck in den Rauchwegen gröfser wird, als aufserhalb derfelben. Die Verdichtung der Fugen mittels Sand (vergl. Art. 232, S. 214) dient in vielen Fällen, eine genügende Dichtheit hervorzubringen, während die freie Beweglichkeit der Wandtheile nicht geftört wird. In anderen Fällen mufs die Anordnung der Ofentheile fo getroffen werden, dafs diefelben ihrem Dehnungsbeftreben, ohne zu grofse Spannungen hervorzubringen, nachzugeben vermögen. Bemerkenswerth ift in diefer Beziehung der Kachelofen von *Wiman* (Fig. 282).

Von der Feuerftelle *A* fteigt der Rauch im gemauerten Schachte *a* empor und finkt alsdann, feine Wärme abgebend, allmählig in dem den genannten Schacht ringförmig umgebenden Hohlraume bis in den Rauchweg *b*, von wo aus derfelbe mittels der thönernen Röhre *c* zum Schornfteine gelangt. In derfelben wagrechten Ebene haben fonach die zufammenhängenden Theile des Ofens annähernd gleiche Temperaturen, fo dafs fie fich gleichmäfsig zu dehnen vermögen. Der Ofen ift für Holzfeuerung beftimmt und defshalb ohne Roft; Rufs und Flugafche werden durch die einzige Reinigungsöffnung *d* abgezogen [193]).

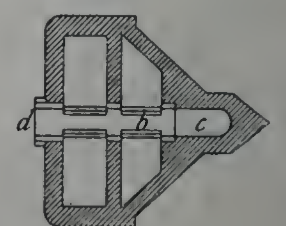
Fig. 282.



Lothrechter Schnitt.



Wagrechter Schnitt in mittlerer Höhe.



Wagrechter Schnitt durch den Rauchweg *b*.

Kachelofen von *Wiman*.

Nach den gegebenen, vorwiegend allgemeinen Erörterungen will ich noch einige Heizöfen befonders be-

[193]) Eingehendere Befchreibung in: Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1880, S. 7

fchreiben, wenn auch die Auswahl, mit Rückficht auf den Rahmen diefes »Handbuches«, nur eine fehr knappe fein darf.

In jeder Beziehung empfehlenswerthe Gasöfen kenne ich nicht, verweife defshalb lediglich auf die nachftehend verzeichneten Quellen.

325.
Oefen für
Gas und präparirte Kohle.

Le chauffage au gaz (cheminées, fourneaux, foyers divers). Nouv. annales de la conft. 1857, S. 74.
SCHNUHR. Gas-Heiz- und Koch-Apparate. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 641.
SCHNUHR. Gasheizungen für grofse und hohe Räume, refp. Kirchen. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 649.
Ueber Verwendung des Leuchtgafes zum Heizen der Kirchen. Polyt. Journ., Bd. 164, S. 32.
HENNEBERG. Neuer Gasofen. Mafchin.-Conftr. 1871, S. 87.
BLACKHAM. Verbefferter Gasofen. Polyt. Journ., Bd. 212, S. 79.
Ueber Gasheizung. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1874, S. 616.
MÜLLER & EICHELBRENNER. *Nouveau fyftème de chauffage des fours à gaz. Nouv. annales de la conft.* 1874, S. 6.
KIDD's Gasofen für Haushaltungszwecke. Polyt. Journ., Bd. 217, S. 105.
MARLIN, PH. Heizung von Zimmern mit Leuchtgas. *Journ. de l'éclairage* 1875, S. 341.
KUHLMANN, F. *De l'éclairage et du chauffage par le gaz au point de vue de l'hygiène.* Paris 1876.
GERMINET, G. *Chauffage et éclairage par le gaz.* Paris 1876.
TASKIN. BICHEROUX' Gasofen. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 220.
Gasofen von L. VANDERKELEN. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 3.
WALLACE, J. Die Anwendung des Steinkohlengafes zum Heizen. *Eng. and mining journ.*, Bd. 21, S. 37.
Bericht über die Weltausftellung von Philadelphia 1876. Herausgegeben von der öfterreichifchen Commiffion. 17. Heft: Heizung, Ventilation und Wafferleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877. S. 16.
VANDERKELEN. Gasofen. Mafchinenb. 1877, S. 317.
Gasheizung der Wohnhäufer und Küchen. Rohrleger 1879, S. 160.
FISCHER, H. Feuerungen für Gas. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 197.
BOHE, A. Kochen und Heizen mit Leuchtgas. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1880, S. 542.
Zur Anwendung des Gafes für Heizzwecke. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1880, S. 741.
DENNY, W. *Cooking and heating by gas.* Dumbarton 1881.
Gasheizungen für Kirchen, insbefondere die Koften derfelben. Deutfche Bauz. 1881, S. 445.
Schönheyder's fanitary ftove. Engng., Bd. 32, S. 360.
Gas cooking and heating apparatus. Sanit. record, Bd. 12, S. 336, 370.
WOBBE. Ueber Gaskoch- und Heizapparate. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1882, S. 619.
FISCHER, F. Verwendung des Leuchtgafes zur Wärmeentwicklung. Polyt. Journ., Bd. 249, S. 374.
WOBBE. Mittheilung über Gas-Koch- und -Heizapparate. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1883, S. 638.
WOBBE, G. Ueber Gasheiz-Oefen und Gas-Herde. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1884, S. 740.
WOBBE, J. G. Die Verwendung des Gafes zum Kochen, Heizen etc. München 1885.
RAMDOHR, L. Das Leuchtgas als Heizftoff in Küche und Haus. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw., 1887, S. 46, 49, 57, 67, 75, 81, 89, 100, 110.
REICHARD. Heizung mit Leuchtgas und der Karlsruher Schulofen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1890, S. 2.

Oefen für die fog. präparirte Kohle werden faft nur für Eifenbahnwagen verwendet; ich darf mich daher begnügen, die unten ftehenden Quellen zu nennen [194]).

Von Zimmeröfen mit Mantel erwähne ich zunächft den *Meidinger*-Ofen (vergl. Art. 300 u. Fig. 261, S. 278).

326.
Mantelöfen.

Stark backende Kohle vermag man in diefem Ofen nicht zu verbrennen. Bei Verwendung von Coke ift es leicht möglich, den Ofen mehrere Tage ununterbrochen im Betriebe zu erhalten. Der Verlauf des Rauchweges ift kein günftiger; jedoch zwingt der hoch aufgefchichtete Brennftoff den Rauch, vorwiegend den Wänden entlang zu ftrömen. Die zu grofse Erwärmung der Aufsenflächen foll verhütet werden

194) Mitth. d. Gewbver. f. Hannover 1871, S. 316.
Handbuch für fpecielle Eifenbahntechnik. Herausgegeben von E. HEUSINGER v. WALDEGG. Bd. II. 2. Aufl. Leipzig 1876. S. 398.

durch Rippen, welche in grofser Zahl an demfelben angebracht find. Der Ofenfchacht ift zunächft von einem Blechmantel *I* und ferner von einem zweiten, eben folchen Mantel *K* umgeben, fo dafs die Aufsenfläche genügend kalt gehalten wird, um einen Anftrich erhalten zu können. Der vorliegende Ofen erwärmt die im Zimmer befindliche Luft; es ift leicht, den unteren Theil des Ofens fo anzuordnen, dafs dem Ofen nur oder doch theilweife frifche Luft zugeführt wird.

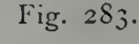
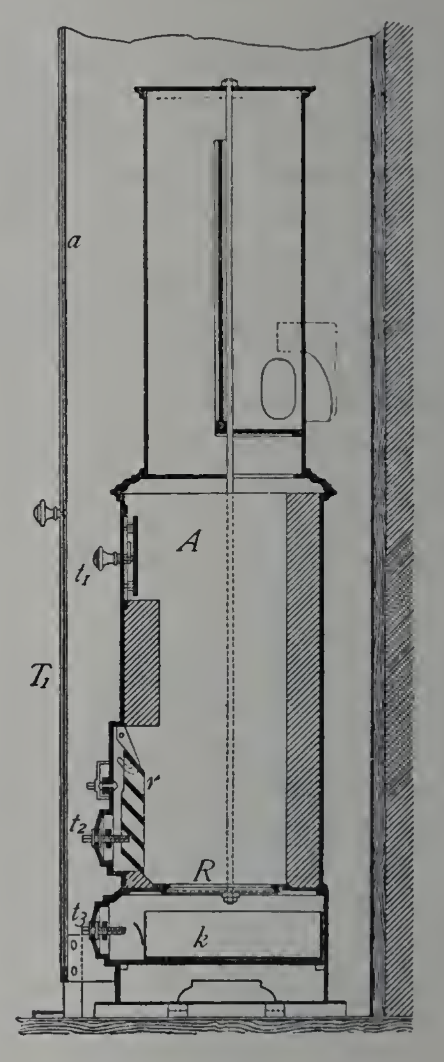
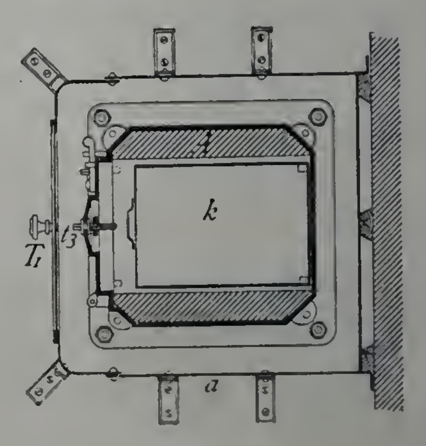


Fig. 283.





Halbfüllofen.

Der irifche Ofen (vergl. Art. 300 u. Fig. 262, S. 278) ift dem *Meidinger*-Ofen betreffs der Feuerung fehr nahe verwandt. Die Rauchwärme wird aber durch denfelben beffer ausgenutzt, indem der Rauch vom Feuerfchachte ab noch einmal niederfinken und fteigen mufs, bevor er zum Schornfteine gelangt. Die Befchickung des Ofens erfolgt von oben, nachdem fowohl die obere Deckelplatte als auch der Deckel *c*, welcher zwifchen Leiften *d* Führung findet, zur Seite gefchoben find. Man vermag dem Ofen frifche kalte Luft zuzuführen; auch ift durch Anbringung des Wafferbeckens *V* für Anfeuchtung der Luft geforgt.

Sehr gebräuchlich ift der Halbfüllofen (Fig. 283).

Die durch einen eifernen Kaften gebildete Feuerftelle *A* ift mit feuerfeften Steinen ausgekleidet. Die Zuführung der Verbrennungsluft erfolgt zum Theile durch den wagrechten Roft *R*, zum Theile durch den lothrecht angeordneten Roft *r*. Letzterer vermag das Feuer auch bei hoher Füllung der Feuerftelle noch mit Luft zu verforgen; es wird alsdann die Luftklappe t_3 gefchloffen, die Klappe t_2 entfprechend geöffnet. Nach entfprechender Verringerung der Brennftofffchicht fchliefst man die Klappe t_2 und öffnet ftatt ihrer die Klappe t_3. Offenbar ift es möglich, den Ofen fowohl mit dünner Brennftofffchicht, als auch fo zu verwenden, dafs zur Zeit eine fehr grofse Brennftoffmenge eingeworfen wird. Behuf des Reinigens ift der lothrechte Roft *r* auszuheben; das Einfüllen des Brennftoffes gefchieht durch die Thür t_1. Von der Feuerftelle aus fteigt der Rauch in der einen Hälfte des trommelförmigen Ofenauffatzes empor, überfchreitet die Querwand deffelben und finkt nunmehr nach unten, um in den Schornftein abzufliefsen. Durch Einhüllen des Ofens mittels eines Blechmantels vermag man die läftigen Wärmeftrahlen zu vermindern, auch die Anordnung zu treffen, vermöge welcher nach Bedarf den Heizflächen frifche Luft zugeführt werden kann.

Fig. 284 ftellt einen zweckmäfsigen, von *Rafch* [195]) angegebenen eifernen Ofen in zwei lothrechten Schnitten dar.

Vom Planroft *A* fteigt der Rauch in der Röhre *B* empor und entweicht entweder — bei geöffneter Droffelklappe *C*, während des Anheizens — auf kürzeftem Wege in die zum Schornfteine führende Röhre *D* oder — während des eigentlichen Heizens — auf dem längeren Wege durch die Röhren *E*, *F*, *G* nach derfelben Stelle. Das Erglühen der Feuerftellenwände wird durch den topfförmigen eifernen Einfatz *a* verhütet. *H* bezeichnet die vier Putzöffnungen. Der Ofen ift an drei Seiten von einem aus Kacheln gebildeten Mantel *I* umgeben, der durch die Wand *K* abgefchloffen ift. Der Mantel ift oben offen, unten jedoch bis auf die beiden Oeffnungen *L* gefchloffen. Unter dem Ofen befinden fich zwei Luft-Zuführungsöffnungen; je nachdem man nun mittels der

[195]) Nach: Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 399.

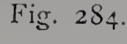
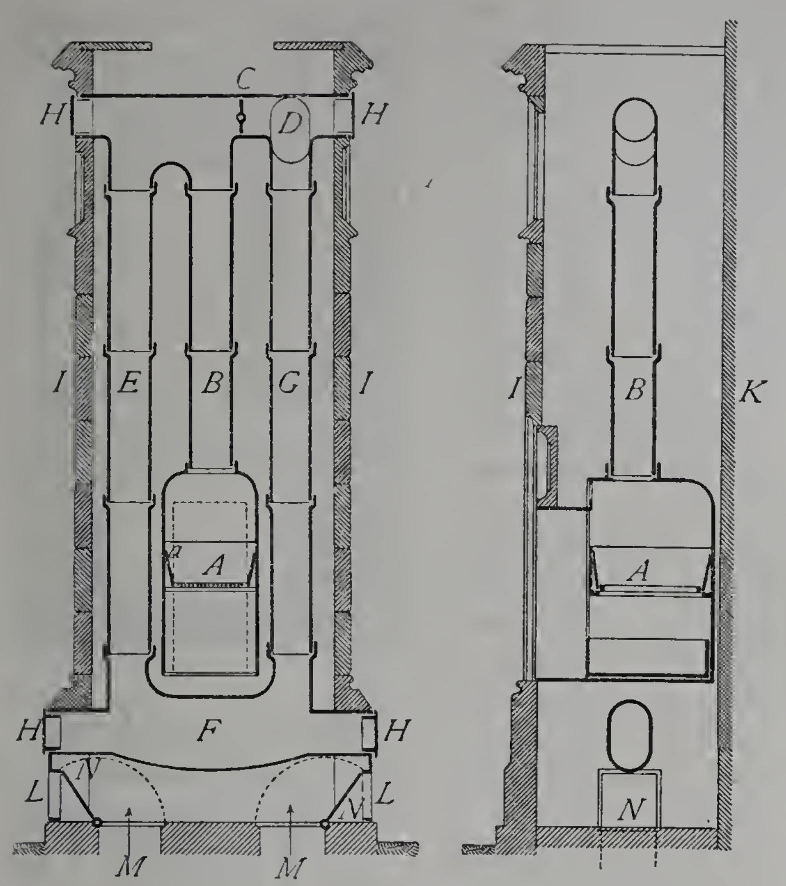


Fig. 284.



Ofen nach *Raſch.* — $1/_{35}$ w. Gr.

Klappen *N* die Oeffnungen *L* oder *M* ſchlieſst, führt man dem Ofen friſche Luft oder Luft des Zimmers zur Erwärmung zu.

Oefen, wie der eben beſchriebene, führen häufig den wenig zutreffenden Namen »Ventilationsofen«. Mehrere derſelben, ſo wie zahlreiche Zimmeröfen überhaupt ſind in den unten genannten Quellen [196]) beſchrieben; es ſei auch auf das auf S. 301 aufgenommene Literaturverzeichniſs hingewieſen.

327.
Oefen für Feuer-Luft-heizungen.

Von den Oefen für Sammelheizungen, die früher den Namen Caloriferen führten, nenne ich zunächſt den ſchon erwähnten Schachtofen des Eiſenwerkes Kaiſerslautern (vergl. Art. 306 u. Fig. 266, S. 281 u. 282).

Der Zutritt der Verbrennungsluft wird durch den Schieber *S* geregelt; die Wände der Feuerſtelle ſind durch Ausmauerung vor übergroſser Erhitzung geſchützt. Der Rauch bewegt ſich im Schachte *D* zunächſt nach oben, durchſtrömt die Canäle *G* und gelangt, ſeiner Abkühlung entſprechend, allmählig ſinkend durch den Hals *F* zum Schornſtein. Die Lage der Rauchwege iſt ſonach in Bezug auf Wärmeausnutzung ſehr zweckmäſsig; ſie iſt es nicht weniger in Bezug auf Entruſſung. Nach Löſung der hinter der Thür *P* befindlichen Kopfplatte vermag man mittels einer Bürſte mit langem Stiel die Rauchwege *G* zu putzen und Ruſs nebſt Flugaſche in den Raum *F* zu ſtoſsen; von *Q* aus wird der angeſammelte Schmutz entfernt. Man vermag ferner, wenn in den Raum *F* ein Licht gehalten wird, von der Oeffnung *P* aus die Innenwände der Rauchwege deutlich zu überſehen und auf ihre Reinheit zu prüfen. Der Ausdehnung der Ofentheile iſt dadurch Rechnung getragen, daſs der Schacht *AD* nur an ſeinem unteren Ende geſtützt iſt, in der Vorderwand der Heizkammer aber ſich frei bewegen kann, daſs ferner der Hals *F* auf einer Rolle ruht, die auf der Bahn *H* eine bequeme Verſchiebung des Ofenhintertheiles vermittelt. Die faſt ausſchlieſslich lothrechten Heizflächen ſind ſowohl in Bezug auf Wärmeabgabe, als auch in Bezug auf Ablagerung des Staubes ſehr günſtig angelegt; der etwa abgelagerte Staub kann leicht entfernt werden. Die im unteren Theile der Heizkammer eintretende Luft vermag faſt ausſchlieſslich in lothrechter Richtung nach oben zu ſtrömen; überall ſind reichliche Querſchnitte für den Durchlaſs der Luft. *E* bezeichnet die Einſteigethür der Heizkammer.

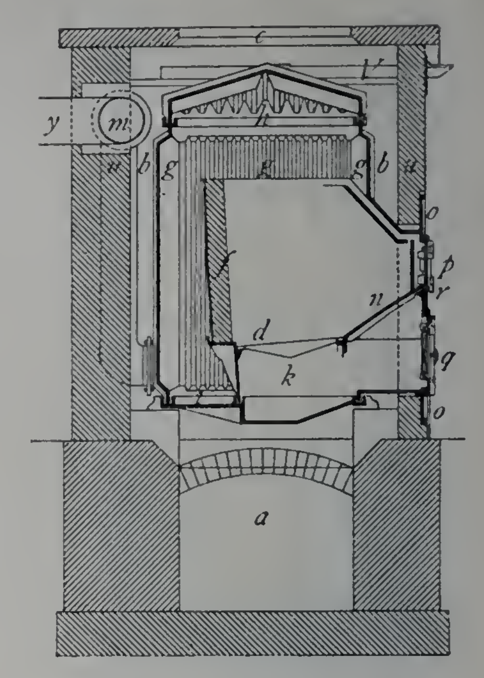
Bemerkenswerth iſt der Ofen von *Weibel* in Genf, welchen Fig. 285 im lothrechten, bezw. wagrechten Schnitt wiedergiebt.

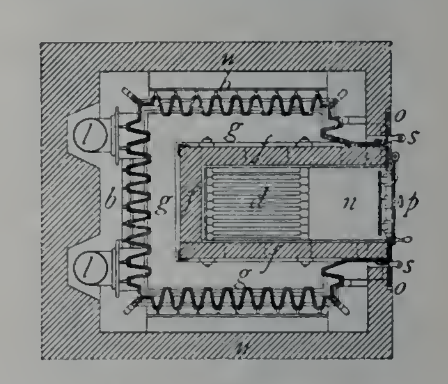
Die Feuerſtelle befindet ſich etwa in der Mitte des Ofens; *d* bezeichnet den Planroſt, deſſen Stäbe ſich einerſeits gegen die Roſtplatte *n*, andererſeits auf eine Leiſte des Unterſatzes *k* ſtützen. Unter dem Roſt befindet ſich ein Becken, welches beſtimmt iſt, Waſſer aufzunehmen (vergl. Art. 301, S. 297). Die Feuerſtelle iſt von gemauerten, mit eiſernem Gerüſt verſehenen Wänden *f* umgeben, deren Auſsenfläche Seitens der zu erwärmenden Luft nicht beſpült wird. Der Rauch erhebt ſich von der Feuerſtelle lothrecht nach oben und ſinkt dann an drei Seiten der Feuerſtelle nach unten, um durch die Blechröhren *l* in die Sammelröhre *m* und von dieſer in die zum Schornſtein führende Röhre *y* zu gelangen. Der Rauchweg iſt in Bezug auf Wärmeabgabe recht zweckmäſsig, wenn auch die Blechröhrenanord-

[196]) SCHOTT, E. Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854.
Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 521.

nung lmy nicht zu loben ift. Um die nöthige Heizfläche zu fchaffen, find der Deckel h des Ofens und die Wandungen g fowohl gefaltet, als auch an der Aufsenfeite mit Rippen verfehen. Die Befeitigung des Ruffes und der Flugafche erfolgt nach Wegnahme der Feuerthür p, der Afchenfallthür q und der Zwifchenplatte r, welche an den Rahmen o gefchraubt find, fo wie der Roftplatte n nebft den Roftftäben, indem ein Arbeiter auf den Boden des Afchenfalls tritt, und mittels eines Befens fowohl die Wände abkehrt, als auch den Boden i reinigt, Rufs wie Flugafche aus den beiden, links und rechts von der Afchenfallthür angebrachten Putzöffnungen s hinauswerfend. Die Rauchfammelröhre m wird von ihren Enden aus gereinigt. Deckel und Boden find gegen den Mantel durch mit Sand gefüllte Rillen abgedichtet (vergl. Art. 232, S. 214), fo dafs eine gegenfeitige Beweglichkeit diefer Theile gefichert ift. Ob jedoch der der ftärkften Hitze ausgefetzte Deckel, welcher verfchiedenartig erwärmt werden wird, durch die verlangten Dehnungen nicht theilweife gefprengt wird, ift mir zweifelhaft. Die Falten des ausgedehnten Deckels werden viel Staub anfammeln, welcher, da man diefelben nicht zu reinigen vermag, recht unangenehme Gerüche entwickeln dürfte. Ueberhaupt ift die enge Einfchliefsung des Ofens Seitens der Heizkammerwände u nicht zu loben.

Fig. 285.





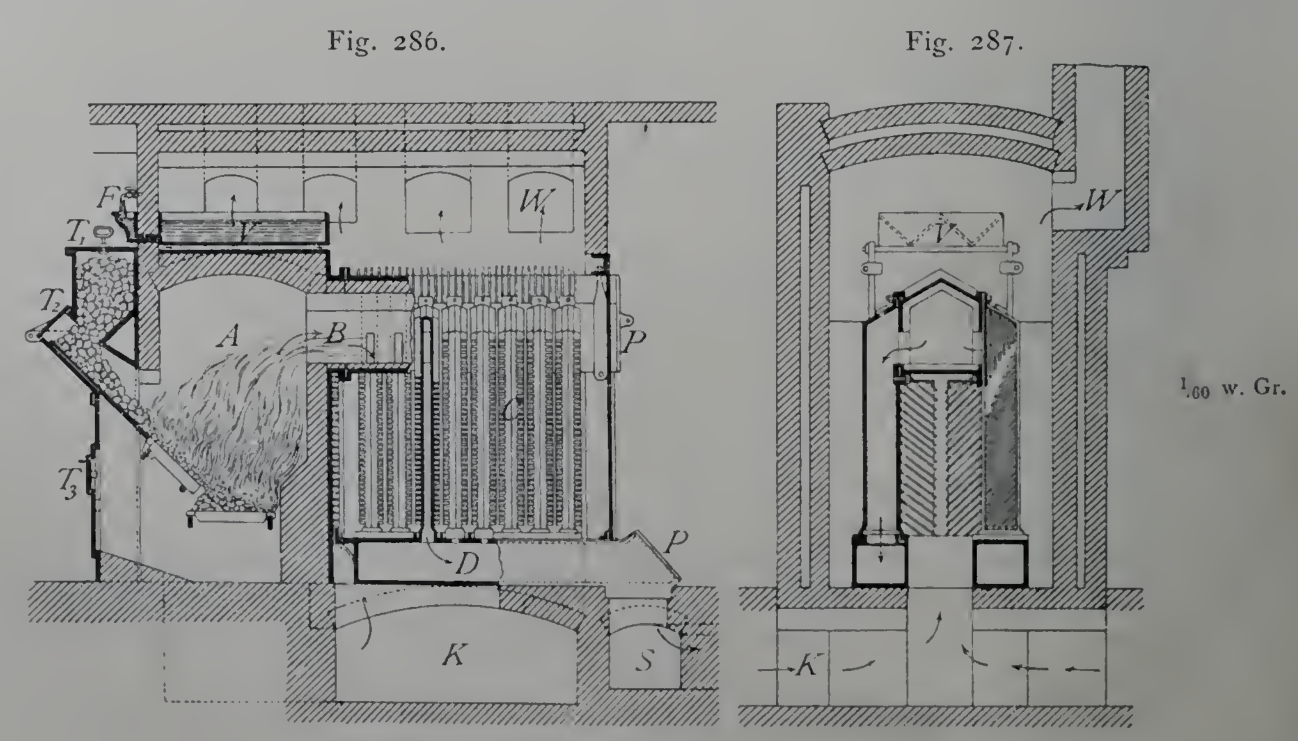
Ofen von *Weibel* in Genf. — 1/50 w. Gr.

Die zu erwärmende Luft tritt bei a ein und verläfft die Heizkammer bei c.

Eigenartig ift ein neuerer Feuerluftheizungsofen von *Gebr. Körting* in Hannover eingerichtet. Fig. 286 ift ein theilweifer Längenfchnitt, Fig. 287 ein Querfchnitt deffelben.

In der vorliegenden Figur ift der Ofen mit Füllfeuerung verfehen. Dies ift nebenfächlich; man kann ihn eben fo wohl — wenn folches vorgezogen wird — mit einem Planroft ausftatten. Immer befindet fich die Feuerftelle in einem gut ausgemauerten eifernen Schachte A, aus welchem der Rauch durch den Canal B zunächft fich wagrecht fortbewegt. An den mit Steinen ausgefütterten, aufsen mit Rippen befetzten Canal B fchliefsen fich links und rechts winkelförmig gebogene platte Röhren, welche den Rauch in die Sammelröhren D führen; von hier ab gelangt derfelbe in den Rauch-Canal S. Die zu erwärmende Luft tritt durch K unter einen in der Heizkammerfohle befindlichen Schlitz, von diefem aus

Fig. 286. Fig. 287.



1/60 w. Gr.

Luftheizungsofen von *Gebr. Körting* zu Hannover.

zwifchen den Röhren D hindurch und durch die Spielräume, welche zwifchen je zwei benachbarten Röhren C frei bleiben, in den äufseren Theil der Heizkammer, von wo fie zu den Zimmern, z. B. durch den Canal W, emp orfteigt. Die breiten Seitenflächen der glatten Röhren C find nun mit fchrägen Rippen befetzt, fo dafs fchräg nach oben gerichtete, faft ringsum gefchloffene kurze Canäle (Fig. 288) entftehen, welche zu durchftrömen die Luft gezwungen wird. Hierdurch erreicht man einerfeits, dafs die Luft nur einen kurzen Weg längs der Heizflächen zurückzulegen hat, alfo die Temperatur-Zunahme der Luft eine mäfsige ift, ferner, dafs die Luft ziemlich gleichmäfsig an die Heizflächen vertheilt wird.

Fig. 288.

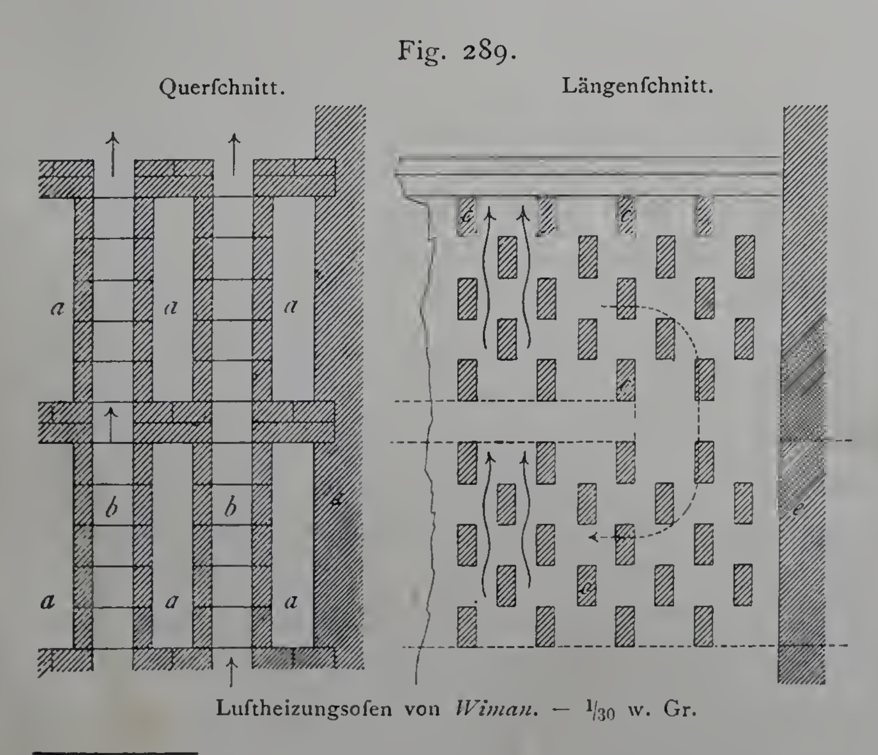
Seitens der Verfertiger wird noch behauptet, dafs die Luftftrömung innerhalb der Canäle eine Staubablagerung verhüte. Das Entruffen des Ofens findet durch die Putzöffnungen P_1 und P ftatt; die winkelförmigen, platten Röhren können nicht mittels einer Bürfte durchfahren werden, wefshalb ftark ruffender Brennftoff für den Ofen unbrauchbar ift. Durch die Seitencanäle gelangt kalte Luft zu den Seitenflächen des Ofentheiles, in welchem fich die Feuerftelle befindet. V bezeichnet eine Waffer-Verdunftungsfchale, F den Hahn für diefelbe, T_1 und T_2 die Einwurfthüren für den Brennftoff, von denen je nach Umftänden die eine oder andere gebraucht wird, T_3 die Afchenfallthür mit einem Schieber zum Regeln des Luftzutrittes.

Es fei noch bemerkt, dafs es zweckmäfsig ift, die Heizkammer weiter, als in Fig. 287 zu machen, um an beide Aufsenfeiten des Ofens gelangen zu können.

Neuerdings ift diefe Ofenart auch in anderer Weife durchgebildet [197]) und dadurch für kleinere Verhältniffe brauchbar gemacht.

Theils um die Temperatur der Heizflächen gering, theils um fie von der wechfelnden Wärmeentwickelung unabhängiger zu machen, verfertigen einige Heiztechniker die Oefen ganz aus Steinen. Es mögen hier zwei derartige Oefen kurz befprochen werden. Beide befitzen ihre Feuerftelle im Fufse eines lothrechten Schachtes. Der Rauch tritt am oberften Ende deffelben in mehrere neben einander liegende Canäle und ftrömt in diefen bis nahe an das hintere Ende der Heizkammer, finkt dann in eine zweite Reihe folcher Canäle, in denen er fich nach vorn bewegt u. f. w., bis er endlich aus den unteren Canälen unter Vermittelung eines Sammelcanales in den Schornftein gelangt (vergl. Fig. 279, S. 291). Die Canäle find durch die Hinterwand der Heizkammer verlängert und dort mit Deckeln verfehen, nach deren Entfernung fie bequem geputzt werden können. Sonach ift der Verlauf der Rauchwege ein recht günftiger. In Bezug auf die Einzelausbildung unterfcheiden fich beide in Rede ftehende Oefen.

Fig. 289.



Luftheizungsofen von *Wiman.* — 1/30 w. Gr.

Der Ofen von *Wiman* [198])

---

[197]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1888, S. 780.

[198]) Nach: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1871, S. 383.

ift theils aus feuerfeften, theils aus gewöhnlichen Ziegeln hergeftellt. Die Conftruction der Rauch- und Luft-Canäle ift aus den beiden lothrechten Schnitten (Fig. 289) erkennbar.

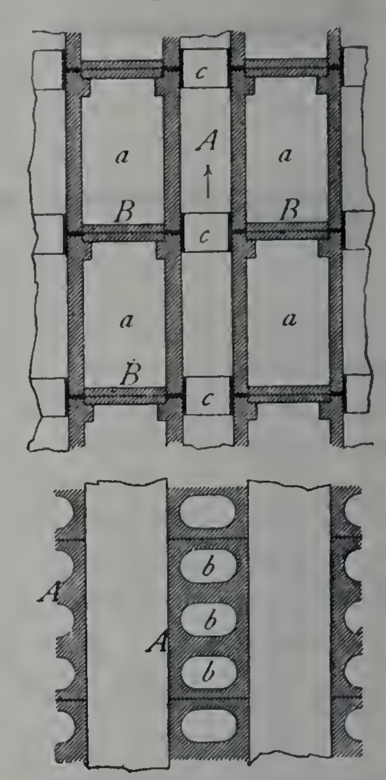
Der Querfchnitt läfft die gegenfeitige Lage der Rauch-Canäle *a* deutlich erkennen, während die lothrechten Luftwege *b* durch die Verfteifungsfteine *c* theilweife verdeckt find. Die Rauch-Canäle liegen auch dicht an der Heizkammerwand *d*, was wohl nicht zu loben ift. Der Längenfchnitt ift durch die Luft-Canäle geführt. Grundfätzliche Mängel diefes Ofens find nur die fchwierige, bezw. unmögliche Befeitigung des Staubes von den oberen Flächen der Verfteifungsfteine *c*, fo wie die vielen, nur durch Mörtel gedichteten Fugen, welche den Eintritt erheblicher Luftmengen in die Rauch-Canäle geftatten und dadurch die Nutzleiftung des Ofens herabdrücken dürften.

Gaillard, Haillot & Co. haben die Mängel des vorhergehenden Ofens theilweife befeitigt [199]).

Fig. 290 giebt oben einen lothrechten, unten einen wagrechten Schnitt eines Theiles des betreffenden Ofens.

Durch Aufeinanderfetzen der Hohlfteine *A* find die lothrechten Luft-Canäle *b* gebildet; vorfpringende Leiften der Steine *A* tragen die Platten *B*, wodurch die wagrechten Rauchwege *a* entftehen. Behuf möglichfter Abdichtung der Luft-Canäle *b* gegen die Rauch-Canäle *a* find erftere an den Fugen der Steine *A* mit eifernen Büchfen *c* verfehen.

Fig. 290.



Luftheizungs-Ofen von *Gaillard, Haillot & Co.* — 1/20 w. Gr.

Die foeben befchriebenen Oefen haben, wie fchon erwähnt, auch den Zweck der Wärmeauffpeicherung, fo dafs auch bei weniger gleichförmigem Feuer eine gleichförmige Wärmeabgabe vermittelt wird. In welchem Mafse diefe Wärmeauffpeicherung gelingt, ift rechnungsmäfsig nicht zu beftimmen.

328. Erforderliche Heiz- und Roftfläche.

Die für eine beftimmte Wärmeabgabe erforderliche Heizfläche könnte man beftimmen, indem man die wechfelnde Temperatur des Rauches und auch die Temperatur der Luft, welche die Heizflächen zu befpülen hat, zu beftimmen fucht und mit Hilfe der Wärmedurchgangszahlen, die gegeben wurden, rechnet. Das Verfahren ift jedoch nicht allein ein äufserft mühfeliges, fondern auch meiftens erfolglofes, da die Rauch-Temperaturen, die Einflüffe der Beruffung, die Lage der Heizflächen u. f. w. bis jetzt noch nicht genügend verfolgt werden können. Ich begnüge mich daher mit der Angabe einiger Durchfchnittszahlen.

Man rechnet für Oefen aus Thon, deren Wandungen dünn find, 1000 bis 1500 Wärmeeinheiten ftündlich für 1 qm Heizfläche und macht die Roftfläche 0,005- bis 0,010-mal fo grofs, als die Heizfläche. Die Heizflächen der dickwandigen oder Maffenöfen liefern felbftverftändlich weniger Wärme; man nimmt 500 bis 1000 Wärmeeinheiten ftündlich für 1 qm Heizfläche an und wählt die Roftfläche zu 0,016 bis 0,003 der Heizfläche, je nachdem die Abficht vorliegt, entweder in kurzer Zeit fo viel Wärme zu entwickeln, wie während einer Reihe von Stunden abgegeben werden foll (Heizung mit aufgefpeicherter Wärme), oder die Wärmeentwickelung etwa eben fo ftattfinden zu laffen, wie die Wärmeabgabe erfolgt. Eiferne, glattwandige Oefen liefern für 1 qm ftündlich 1500 bis 2500 Wärmeeinheiten, bei befonders günftiger Einrichtung derfelben bis 3000 Wärmeeinheiten. Jedes Quadr.-Meter der Rippenoberfläche vermehrt die Wärmeabgabe um 500 bis 1000 Wärmeeinheiten; die Roftfläche pflegt zwifchen dem 0,006- bis 0,010-fachen der Heizfläche gewählt zu werden.

199) Nach: Polyt. Journ., Bd. 231, S. 294.

Literatur

über »Oefen für Einzelheizungen«.

SCHOTT, E. Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854.

HERRMANN. Beitrag zur Zimmerheizung mittels Kachelöfen nebft Angabe verfchiedener von innen und von aufsen heizbarer Kachelöfen. Allg. Bauz. 1856, S. 222.

MANGER. Ruffifche Stubenöfen. Zeitfchr. f. Bauw. 1858, S. 259.

SCHMIDT, E. Kachelofen für Steinkohlenbrand. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1859, S. 89. Polyt. Centralbl. 1859, S. 939.

STAMMAN. Oefen aus Gufseifen. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 110.

BECKER. Ueber den Nutzen und die Vortheile der Anwendung luftdicht fchliefsender Ofenthüren, fo wie über die Nachtheile bei zweckwidriger Behandlung derfelben. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1861, S. 24.

KOCH. Oefen aus Gufseifen mit vergröfserter Heizfläche. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 132.

LANDAUER. Ueber Cokes- und Steinkohlenöfen zur Beheizung von Zimmern. Polyt. Journ., Bd. 164, S. 101.

SCHMIDT. Steinkohlenfüllöfen von Gebr. CORNEAU. Polyt. Journ., Bd. 166, S. 183.

DELABAR. Ueber die Einrichtung, Wirkungsweife und Leiftungsfähigkeit des neuen Zimmerofens von SCHIRMER. Polyt. Journ., Bd. 166, S. 258.

DELABAR. Ueber die weiteren Verbefferungen der neuen Zimmeröfen von SCHIRMER. Polyt. Journ., Bd. 168, S. 17, 114.

SPILLER, PH. Ueber Beheizungsmethoden und einen neu conftruirten Stubenofen. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1863, S. 245.

RÜTHNIK, W. Ueber die Anwendung luftdichter Ofenthüren. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1864, S. 153.

MOUSSERON. *Nouveau foyer pour le chauffage des appartements. Nouv. annales de la conft.* 1864, S. 44.

JOHANNY, R. Rauchverzehrende Oefen. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1864, S. 113.

SCHNUHR. Chamottekaften für Cokesheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 77.

HERRMANN. Zimmeröfen mit Luftkaften und fenkrechten Rauchzügen. Allg. Bauz. 1865, S. 125.

STAIB. Vervollkommnung von Heizapparaten. Allg. Bauz. 1865, S. 333.

GRAFF. Ueber einen Ventilations-Zimmerofen. Polyt. Journ., Bd. 177, S. 367.

REGNAULT & CHEVREUL. Ueber die vermeintliche Ungefundheit gufseiferner Zimmeröfen. Polyt. Journ., Bd. 177, S. 408.

Heizapparat mit gefättigter Luft. Allg. Bauz. 1866, S. 203.

BREMEN. Stubenofen aus Blech. Polyt. Centralbl. 1866, S. 378.

Verhältniffe der gewöhnlichen Zimmeröfen fowie der mit Ventilation verbundenen Luftkaftenöfen zu den geheizten oder ventilirten Räumen. Allg. Bauz. 1867, S. 242.

Circulationsöfen. Allg. Bauz. 1867, S. 290.

Ueber Zimmeröfen und Luftheizungs-Apparate. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1867, S. 141, 263.

Ofen-Regulator. Deutfche Bauz. 1867, S. 392.

Leiftungsfähigkeit verfchiedener Oefen. Deutfche Bauz. 1867, S. 476.

DOBB's Zimmerofen. Polyt. Centralbl. 1867, S. 241.

TREUDING. Ueber fehlerhafte Conftruction von Kachelöfen. Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 326, 462.

Vorfichtsmafsregeln gegen Entwickelung von Kohlenoxyd-Gas. Deutfche Bauz. 1867, S. 509; 1868, S. 61.

Nachtheile der eifernen Oefen. Deutfche Bauz. 1868, S. 203.

Apoftel-Oefen. Deutfche Bauz. 1868, S. 482.

LERAS. Ventilofen. Mafchin.-Conftr. 1868, S. 43.

BUCHNER, O. Ueber Ofenheizung aus der Parifer Ausftellung. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1868, S. 21.

BOYER. Ventilations-Oefen. Allg. Bauz. 1868—69, S. 215.

Coaksofen zur Zimmerheizung, theils aus Thon, theils aus Eifen erbaut. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1869, S. 457.

KÖNIG's Coaksofen zur Zimmerheizung. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1869, S. 458.

Verjüngt (von unten nach oben) conftruirte Züge für Stubenöfen zur Brennmaterial-Erfparnifs und Vermeidung von Rufsverftopfung. Mafchin.-Conftr. 1869, S. 254.

Ventilations-Oefen. Deutfche Bauz. 1869, S. 27.

Les inconvénients hygiéniques des poêles en fonte. Moniteur des arch. 1869, S. 120, 141.

MORLOK, G. Die Heizung durch Zimmeröfen. Stuttgart 1870.

Bericht der Commiſſion des Vereins der Gasſachmänner Deutſchlands über die eingegangenen Concurrenz arbeiten für die Conſtruction zweckmäſsigſter Stubenöfen zu Gascoke. Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1870, S. 601.

Oefen für Bahnwärterbuden. Deutſche Bauz. 1870, S. 91.

Oefen für Arbeiter-Wohnungen. Deutſche Bauz. 1871, S. 222.

WOLPERT. Die patentirten WOLPERT'ſchen Füllöfen. Zeitſchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1871, S. 12.

Die MEIDINGER'ſchen Regulirfüllöfen und WOLPERT'ſchen Oefen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 87, 97. Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1871, S. 389.

RIST-KUSTERMANN. Regulir-Füllöfen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 104.

HAILER. RIST-KUSTERMANN's pat. Regulirfüllöfen. Polyt. Centralbl. 1871, S. 220.

WIEDERHOLD. Ueber einige Zimmeröfen neuer Conſtruction. Polyt. Centralbl. 1871, S. 766.

Amerikaniſcher hygieniſcher Heizofen, zugleich ventilirend. Maſchin.-Conſtr. 1871, S. 285.

MEIDINGER's Füllofen. HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1871, S. 140.

CORDES. Patentregulirofen. HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1871, S. 141.

OPDENHOFF. Glaſirter Chamotteofen. HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1872, S. 173.

HEINO. Ofen. HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1872, S. 173.

ZWICK, H. Die Zimmer-Oefen der letzten 10 Jahre. Leipzig 1874.

KAMMERER. Füllofen für Zimmerheizung. Polyt. Journ., Bd. 212, S. 79.

BLAZICEK's neue Ofenconſtruction. Polyt. Centralbl. 1874, S. 1275. Maſchinenb. 1874, S. 390.

BLAZICEK. Füllofen. Maſchinenb. 1875, S. 207.

HOTOP. Ueber einen verbeſſerten thönernen Zimmerofen. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1351.

Ueber Stuben- oder Zimmeröfen. HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1875, S. 6, 24, 37, 52, 70.

Füll-Regulir-Oefen. Deutſche Bauz. 1869, S. 237; 1875, S. 78; 1876, S. 48.

Verbeſſerte Kachel-Oefen. Deutſche Bauz. 1876, S. 94.

ZWILLINGER, A. Von den Stuben-Oefen. Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1876, S. 97, 117, 161, 200.

BROC. Ventilationsofen für Steinkohlen etc. Maſchin.-Conſtr. 1876, S. 363.

Stubenofen, genannt Kaminkeſſelofen. HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1877, S. 93.

Der Zimmerofen von HOTOP. HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1877, S. 26.

STÜBBEN. Conſtruction einiger neuen Zimmeröfen. ROMBERG's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1877, S. 46.

MEIDINGER. PERRY's (amerikaniſcher) Füllofen. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 203; Bd. 226, S. 117.

BLAZICEK. Ventilirofen. Maſchinenb. 1877, S. 402.

BOSC, E. *Un nouvel appareil de chauffage. Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 289.

SCHMÖLCKE's patentirter Ventilationsofen für Luftab- und -zuführung. ROMBERG's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 329.

Univerſal-Heizapparat. Patent BLAZICEK. ROMBERG's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 149.

Der Zimmer-Schachtofen des Eiſenwerks Kaiſerslautern. ROMBERG's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 194.

Der Pfälzer Ofen des Werkes Kaiſerslautern. ROMBERG's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 348.

WOLFFHÜGEL, G. Kohlenoxyd und guſseiſerne Oefen. Zeitſchr. f. Biologie 1878, S. 506.

FISCHER, F. Zur Heizung mit Stubenöfen. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 322.

GROTEFEND's Regulir-Füllöfen. Maſchinenb. 1878, S. 123.

WÄCHTLER. Wiener Sparofen. Techn. Bl. 1878, S. 157.

Die Reform des Kachelofens. Thonind.-Ztg. 1878, S. 339.

FISCHER, F. Ueber neuere Heizverſuche an Zimmer-Oefen. Deutſche Bauz. 1879, S. 242.

LENTZ. Heizung für gröſsere Räume. Wochſch. d. Ver. deutſch. Ing. 1879, S. 482.

Die Ausſtellung von MARCUS ADLER, Fabrik wirthſchaftlicher Heiz- und Kocheinrichtungen. Rohrleger 1879, S. 209.

WOLPERT's Strahlenraum-Ofen. Zeitſchr. f. Baukde. 1879, S. 65.

FISCHER, F. Ausnutzung der Brennſtoffe durch Zimmeröfen. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 133.

STEINMANN. TÄUBRICH's Ventilationsmantelofen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 105.

WOLPERT's Strahlenraumofen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 458.

Deſcription des poêles à double circulation d'air employés au collège du Locle. Eiſenb., Bd. 10, S. 77.

Bringen guſseiſerne Oefen die Gefahr der Vergiftung durch Kohlenoxyd? Geſundheit 1879, S. 226.

WIMAN's Kachelofen. Wochſch. d. Ver. deutſch. Ing. 1880, S. 7.

Zerlegbarer eiſerner Mantelofen mit innerem Lufterhitzungsrohr von E. F. O. BERNHARD. Baugwks.-Ztg. 1881, S. 17.

Patentirter Ofen mit Ventilations-Einrichtung und Sicherheitsklappe. Deutfche Bauz. 1881, S. 167.
Neuer Ventilations-Zimmerofen von SCHNELL und SCHNECKENBURGER. Schweiz. Gwbbl. 1881, S. 174.
Neue Ofenconftruction. Deutfche Bauz. 1881, S. 218.
Neue Kachelofen-Konftruktion von A. und E. BRUCKS. Deutfche Bauz. 1882, S. 37.
BRÖMSER, F. Die Ofen- und Glafurfabrikation nach dem jetzigen Stande diefer Induftrie etc. Weimar 1884.
Der Ofen. Gefundh.-Ing. 1884, S. 185.
Eiferne Zimmeröfen. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 2.
Les nouveaux appareils de chauffage domeftique. Nouv. annales de la conft. 1887, S. 37.

Literatur

über »Feuer-Luftheizung«.

BRUCKMANN, J. A. v. Beitrag zu der Luftheizung. Mergentheim 1829.
WILLIAMS. Ueber den Gebrauch heifser Luft bei Heizungsanlagen. *Mechan. magaz.*, Bd. 61, S. 491.
Ofen zur Luftheizung von Chamottefteinen in der Ulanen-Caferne zu Moabit bei Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1851, S. 258.
Ofen zur Luftheizung von Eifen nach FELD'fcher Conftruction. Zeitfchr. f. Bauw. 1851, S. 260.
JANNIARD, H. *Des appareils calorifères en général et de celui de* M. FONDET *en particulier. Revue gén. de l'arch.* 1853, S. 166 u. Pl. 18.
JOHANNY. Erfahrungen in Betreff der Luftheizung. Allg. Bauz. 1855, S. 235.
VINEY. *Calorifère.* Allg. Bauz. 1855, S. 389.
BARTLETT. Luftheizungsofen. *Scientific American*, Bd. 4, S. 113.
LÜBKE. Praktifche Bemerkungen über Luftheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1857, S. 509.
HENNICKE. Ueber Luftheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1859, S. 5.
Ueber Luftheizung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1859, S. 49.
Ueber Luftheizungsanlagen. *Pract. mech. journ.*, 2. Folge, Bd. 3, S. 88.
Chauffage général d'une maifon à loyer économique par un appareil à air chaud du fyftème GROUVELLE. *Nouv. annales de la conft.* 1860, S. 42.
Heizungs-Canäle für Luft und Dampf. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 303.
Heizapparat mit erwärmter Luft. Allg. Bauz. 1861, S. 247.
Luftheizungsofen, conftruirt von SCHWATLO. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 652.
CAMPF. Ofen für Luftheizung. *Scientific American*, Bd. 5, S. 216.
Heizapparat mittels heifser Luftftrömungen zum Heizen der Wohnzimmer, der Verwaltungsbureaux etc. Allg. Bauz. 1864, S. 6.
BÖCKMANN. Erfahrungen bei Anwendung von Luftheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 433.
Ueber Zimmeröfen und Luftheizungs-Apparate. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1867, S. 141, 263.
CERBELAUD. *Calorifère à air chaud et à eau chaude. Nouv. annales de la conft.* 1867, S. 147.
GAILLARD & HAILLOT. *Calorifère vertical entièrement en fonte. Nouv. annales de la conft.* 1868, S. 51.
GAILLARD & HAILLOT. *Calorifère à lames ondulées entièrement en fonte. Nouv. annales de la conft.* 1868, S. 52.
TRESCA. *Expériences exécutées fur un calorifère, préfenté par* M. M. WEIBEL & Cie. *Annales du conferv. des arts et métiers*, Bd. 8, S. 225.
BROC. Central-Luftheizofen. Polyt. Centralbl. 1869, S. 1544.
TRESCA. *Expériences fur un calorifère en briques réfractaires creufes conftruit par* M. M. GAILLARD ET HAILLOT. *Annales du conferv. des arts et métiers*, Bd. 8, S. 392. Mafchin.-Conftr. 1870, S. 216.
WIMAN, E. A. Luftheizungs-*Calorifère* aus Ziegeln. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1871, S. 383.
INTZE. Centralheizofen. Polyt. Centralbl. 1874, S. 1068.
REINHARDT. *Air-heating apparatus. Engng.*, Bd. 18, S. 253.
MEISSNER's Luftheizung. Mafchin.-Conftr. 1875, S. 291, 309.
FISCHER & STIEHL. Neuer Luftheizapparat. Mafchinenb. 1875, S. 201. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1009.
Verbefferter Luftheizapparat. Mafchin.-Conftr. 1875, S. 190.
KELLING. Luftheizungsofen. Mafchin.-Conftr. 1875, S. 345.
FRANCHOT. *Calorifère à air chaud. Revue gén. de l'arch.* 1875, S. 157.
REINHARDT, J. H. Ueber Luftheizungen. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öff. Gefundheitspfl. 1876, S. 49.
FISCHER & STIEHL. Neue Luftheizung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1876, S. 24, 39.
Ueber Luftheizungen. Eifenb., Bd. 6, S. 7, 15, 29, 38, 79.

WOLPERT. Ueber Luftheizung. Mafchinenb. 1877, S. 329.
Poêle-calorifère en fonte. Syftème CHIACOMETTI. *Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 235.
GOTTSCHALK, F. Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxydes in fehr kleinen Mengen und einige Bemerkungen zu der fog. Luftheizungsfrage. Leipzig 1878.
DIETRICH & Cie. *Calorifères. Revue induftr.* 1878, S. 44.
RIETSCHEL. Ueber Luftheizung. Deutfche Zeitfchr. f. prakt. Med. 1878, S. 595.
Ueber die Luftheizung. Rohrleger 1878, S. 177, 195, 213, 229, 247, 267, 285.
PAUL's patentirter Luftheizapparat. Mafchinenb. 1879, S. 147.
Neuere Luftheizapparate. Mafchinenb. 1879, S. 327.
LASIUS, G. Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung. Eifenb., Bd. 11, S. 145, 151.
THOMS, G. Ueber Luftheizung. Rigafche Ind.-Ztg. 1879, S. 89.
HELLER. Ueber die Luftheizung. Viert. f. ger. Medicin 1879, S. 160.
Technifche Mittheilungen des fchweizerifchen Ingenieur- und Architekten-Vereins. 17. Heft: Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung. Von G. LASIUS. Zürich 1880.
ZIUREK. Gutachten, betreffend die Befchaffenheit der Zimmerluft in den mit Luftheizung verfehenen Schulclaffen des franzöfifchen Gymnafiums und der Vorfchule des Friedrich-Wilhelms-Gymnafiums zu Berlin in gefundheitlicher Beziehung. Zeitfchr. f. Bauw. 1880, S. 237.
SCHWATLO's Luftheizungs-Apparat. Deutfche Bauz. 1880, S. 125.
FISCHER & STIEHL. Verbefferungen an Luftheizungs-Einrichtungen. Deutfche Bauz. 1880, S. 459.
WUTTKE, O. Central-Luftheizungs-Anlagen ohne Beiordnung von Centrifugal-Ventilatoren. Rohrleger u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 66.
Calorifère à air chaud de M. NICORA. *Revue induftr.* 1880, S. 23.
Das neue Luftheizungsfyftem des Profeffors PINZGER. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 211.
FISCHER & STIEHL. Verbeffertes Luftheizungsfiftem. HAARMANN's Zeitfch. f. Bauhdw. 1881, S. 150, 158.
Circular-Erlafs des preufs. Minifters der öffentlichen Arbeiten vom 28. Jan. 1882, betreffend das Reinigen der Luftzuführungs-Canäle und Heizkammern bei Luftheizungen. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 45.
Luftheizofen (*Calorifère*) von HECKMANN, ZEHENDER & KÄUFFER, Mainz. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 241.
LENZNER. Das WUTTKE'fche Syftem der Pulfions-Central-Luftheizung und Ventilation etc. Danzig 1884.
KEIDEL's Luftheizung für Schulen, Krankenhäufer, Säle, Theater u. dergl. Gefundh.-Ing. 1887, S. 579.

3) Vermittelung durch fefte Wände und Waffer, bezw. Dampf. (Waffer- und Dampfheizung.)

329. Erzeugung des Dampfes.

Es kann nicht die Aufgabe der nachfolgenden Erörterungen fein, eine Befchreibung, bezw. Erörterung der verfchiedenen Dampfkeffelarten zu liefern. Ich begnüge mich hinfichtlich der gröfseren Dampfentwickler zu bemerken, dafs unter bewohnten Räumen nur folche zuläffig find, welche einen fehr kleinen Wafferraum befitzen, und füge hinzu, dafs 1 qm Heizfläche durchfchnittlich 10 bis höchftens 15 kg Dampf ftündlich liefert.

Den Dampfentwicklern für Niederdruck-Dampfheizungen gebührt hier ein breiterer Raum, feitdem die letzteren in gröfserem Umfange zur Anwendung kommen. Sie fallen unter den § 18, Abfatz 15 der polizeilichen Beftimmungen über die Anlegung von Dampfkeffeln (Erlafs des Reichskanzlers vom 29. Mai 1871), nach welchem folche Dampfentwickler, deren Wafferraum mittels einer mindeftens $0{,}08$ m weiten, höchftens 5 m hohen Röhre, der fog. Standröhre, mit der Atmofphäre in freier Verbindung fteht, einer polizeilichen Beauffichtigung nicht unterliegen.

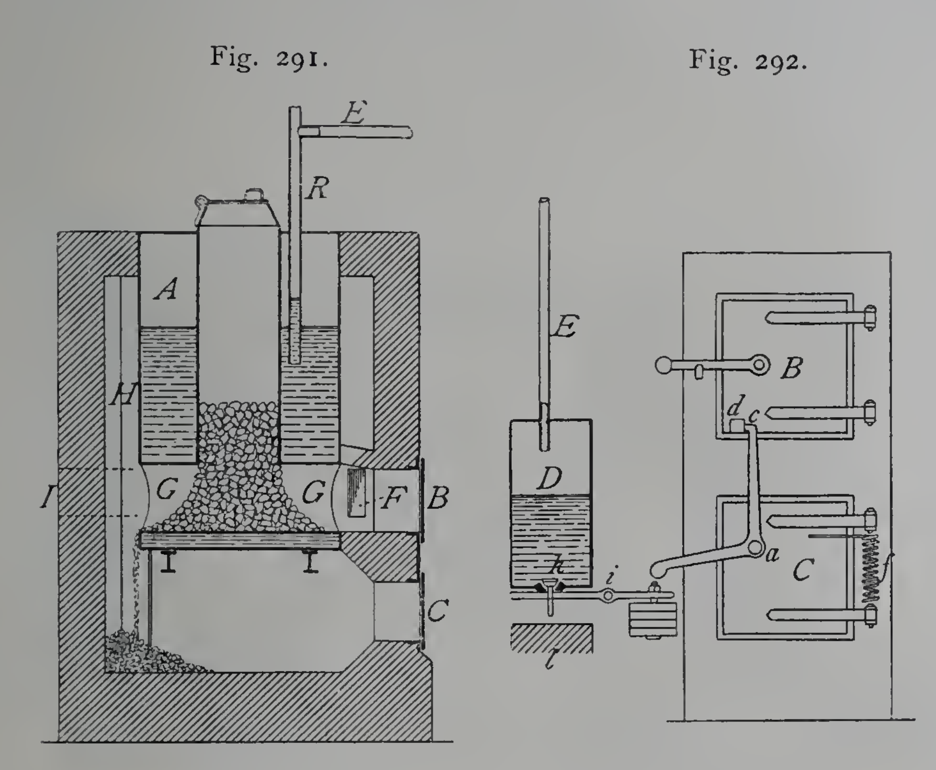
Kennzeichnend für die gebräuchlichen Niederdruck-Dampfkeffel ift ferner, dafs man bei ihnen die Dampf-, alfo die Wärmeentwickelung durch felbftthätige Regelung des Luft-Zutrittes zum Brennftoff dem jederzeitigen Bedarfe anzupaffen fucht. Defshalb find von den feften Brennftoffen nur nicht backende und fchwer vergafende (alfo nur Coke und Anthracit) verwendbar. Aber felbft diefe würden bei Befchränkung des Luftzutrittes unvollkommen verbrennen (zu Kohlenoxydgas umgewandelt werden),

wenn nicht durch entfprechend rafche Wärme-Abfuhr das Glühen zu grofser Brennftoffmengen verhütet würde. Es find daher ftets die Wände der Feuerftelle durch die vom Waffer befpülten Wände des Keffels gebildet.

Als Beifpiele diefer Dampfkeffel mögen folgende dienen.

α) Niederdruck-Dampfkeffel von *Bechem & Poft* in Hagen. Das Wefen deffelben erläutert Fig. 291, welche ihn in lothrechtem Schnitt darftellt [200]). In der Mitte des lothrecht aufgeftellten Keffels befindet fich ein Füllfchacht zur Aufnahme einer gröfseren Brennftoffmenge. Derfelbe mündet unten in eine den Keffel quer durchfchneidende wagrechte Röhre *G*; der auf zwei eifernen Trägern ruhende Keffel kommt nur mit feinem oberen Rande in der Nähe der Feuerthür *B* und längs einer Zunge *H*, die an den hinteren Rand von *G* fich anfchliefst, mit dem Mauerwerk in Berührung. Die Verbrennungsluft, deren Menge durch einen vor dem Keffelmauerwerk aufgeftellten Regler (vergl. weiter unten in Kap. 16) befchränkt wird, tritt bei *F* ein, jenfeits des Cokehaufens — links in Bezug auf die Figur — aus der Röhre *G* in den den Keffel umgebenden Hohlraum, wendet fich nach oben und vorn, überfchreitet den Hals, welcher wegen der Feuerthür gegen den Keffel gemauert ift, in der Richtung nach hinten, befpült die hintere Hälfte des Keffels und entweicht fchliefslich dicht hinter der Zunge *H* in den zum Schornfteine führenden (punktirt gezeichneten) Rauch-Canal *I*. Diefe Rauchführung geftattet, die im Feuer fich bildenden Schlacken einfach nach hinten zu ftofsen; fallen dabei auch einige noch brauchbare Cokeftücke in den Afchenraum, fo können fie bei deffen wöchentlich ein- oder zweimal vorzunehmender Leerung leicht wiedergewonnen werden. Die Einrichtung geftattet ferner — nach Verlöfchen des Feuers —, vom Afchenraume aus die Aufsenfläche des Keffels zu reinigen und zu befichtigen.

Fig. 291. Fig. 292.



Niederdruck-Dampfkeffel von *Bechem & Poft* in Hagen.

Bei gröfserer Weite der Röhre *G* wird der Fufs der Cokefüllung recht breit, fo dafs das eigenmächtige Herausfallen der Coke zu befürchten fteht. Um dies zu verhüten, werden einige lothrechte Stäbe angebracht, welche an der Kante der Röhre *G* und der Füllröhre befeftigt find. Im Directions-Gebäude der Lagerhausgefellfchaft im Freihafen zu Hamburg, welches *R. O. Meyer* dafelbft mit der Heizungs-Anlage verfehen hat, fah ich zu gleichem Zwecke *Field*-Röhren angewendet.

Mit dem Keffel ift eine Sicherheitsvorrichtung verbunden, welche Fig. 292 darftellt. Die Feuerthür *B* wird mittels einer gewöhnlichen Klinke gefchloffen, die Afchenfallthür *C* mittels eines Winkelhebels, der fich bei *a* um einen in *C* befeftigten Bolzen dreht und bei *c* mit einer Nafe in eine an *B* befeftigte Oefe *d* greift. Es kann fomit zwar die Thür *C* für fich geöffnet werden, nicht aber die Thür *B*. Werden aber beide Thüren gemeinfam geöffnet, fo zieht der Schornftein die Luft nicht durch das Feuer, fondern auf dem bequemeren Wege unter dem Keffel hindurch heran, wodurch eine Steigerung der Dampfentwickelung in Folge unvorfichtigen Thürenöffnens unmöglich gemacht wird.

R in Fig. 291 bezeichnet die Standröhre, von welcher die Röhre *E* in folcher Höhe fich abzweigt, dafs die Wafferfäule zwifchen *E* und dem Wafferfpiegel im Dampfentwickler dem höchften Dampfüberdrucke entfpricht. Sobald nun, trotz des Verbrennungsreglers, der in Ausficht genommene höchfte Dampfdruck überfchritten wird, fliefst Waffer durch *E* ab, und zwar in das an einem belafteten — nicht gezeichneten — Hebel hängende Gefäfs *D* (Fig. 292). Diefes fenkt fich, ftöfst gegen den Hebel *i*, welcher gegen den links liegenden Arm des an *C* befeftigten Winkelhebels wirkt, fchiebt dadurch *c* aus *d* und geftattet der gefpannten Feder *f*, die Thür *C* zu öffnen, wodurch die kalte Luft freien Zutritt zum Schorn-

200) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 392.

fteine erhält. Wenn man die Nafe c von links in die Oefe d greifen läfft, fo kann man den Zwifchenhebel i fparen. Das Ventil k bewirkt, indem fein Stiel auf l ftöfst, die felbftthätige Entleerung des Gefäfses D.

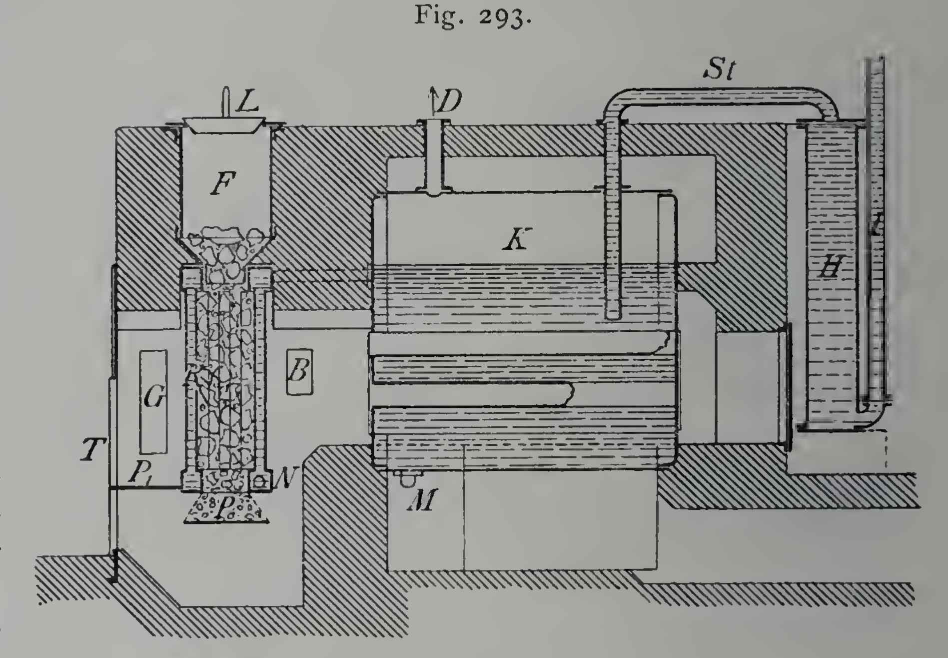
Wenn man auch auf die felbftthätige Oeffnung der Thür C verzichtet, fo wird doch ftets die Einrichtung getroffen, dafs B nicht ohne C geöffnet werden kann, was man durch eine an C befeftigte Schiene erreicht, welche feft auf den Rand der Thür B drückt.

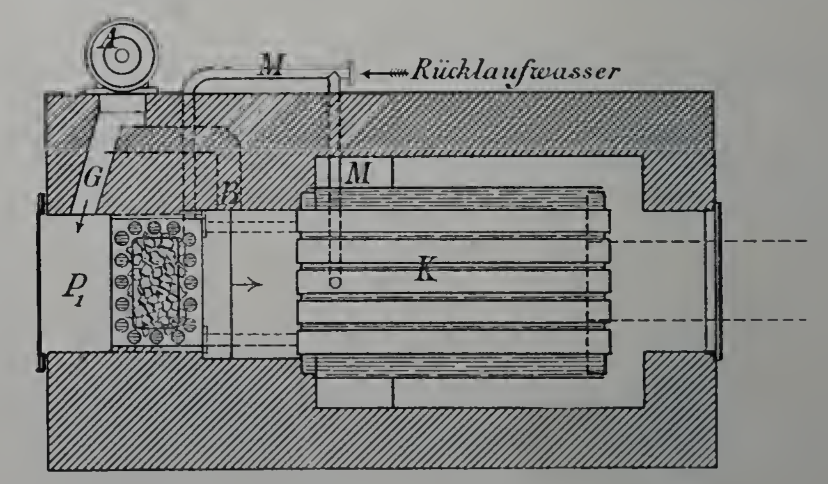
Der Deckel des Füllfchachtes mufs dicht fchliefsen. Läfft derfelbe Luft durch, fo wird letztere durch das Feuer gefaugt und facht diefes an, fo dafs die Regelung des Luft-Zutrittes unwirkfam wird.

Mit dem Keffel verbindet man, behuf Beobachtung des Wafferinhaltes deffelben, ein Wafferftandsglas. Die regelmäfsige Speifung des Keffels erfolgt durch das felbftthätig zurückfliefsende Waffer; nur zum Erfatz durch Undichtheiten verlorenen Waffers ift eine befondere Speifung erforderlich, die meiftens unmittelbar durch die Wafferleitung des Haufes bewirkt wird.

β) In mancher Beziehung ift mit dem foeben befchriebenen Dampfentwickler derjenige von *Gebr. Körting* in Hannover verwandt, welcher durch Fig. 293 in lothrechtem und in wagrechtem Schnitt [201]) dargeftellt ift. Der Roft R befteht aus zwei wagrechten, hohlen Ringen rechteckigen Querfchnittes, welche durch zahlreiche lothrechte Röhren verbunden find. Unter diefer korbartigen Bildung ift eine Platte P angebracht, auf welcher die Füllung des Roftes ruht. F ift ein Vorrathsbehälter und L deffen luftdicht fchliefsender Deckel. Der Hohlraum des befchriebenen korbartigen Roftes R ift mit Waffer gefüllt, welches unten eintritt und oben nach dem Keffel K abfliefst. Nachdem das Feuer einige Zeit im Betriebe gewefen ift, liegt auf der Platte P nur Schlacke, bezw. Afche, welche nach Bedarf leicht nach hinten geftofsen werden kann, da der Haufen in der Richtung des thätigen Schürwerkzeuges nur fchmal ift. Bei diefer Arbeit kann eine gefährliche Steigerung der Dampfentwickelung nicht eintreten, weil bei N ein Spalt kalte Luft frei einftrömen läfft, fobald die Afchenfallthür geöffnet ift. Es leidet der Roft an dem Uebelftande, dafs — wenn die Brennftoffftücke nicht die geeignete Gröfse haben — das Nachrutfchen nicht ganz regelmäfsig erfolgt. Man ordnet alsdann das Feuer mittels eines Spiefses, der zwifchen den vorderen Röhren hindurch gefchoben wird. Hierbei kann ebenfalls kalte Luft frei durch den Spalt N eintreten, indem die Thür T des Feuerraumes mit der Afchenfallthür aus einem Stücke hergeftellt ift, alfo die in Rede ftehende Arbeit ohne Oeffnen des Afchenraumes nicht vorgenommen werden kann. Der Verbrennungsregler A liefert durch den Canal G die das Feuer nährende Luft; überfteigt der Dampfdruck eine gewiffe Höhe, fo läfft der Verbrennungsregler — vermöge des Canales B — auch kalte Luft hinter den Roft, fo dafs nicht allein die auf den Roft wirkende Saugkraft gefchwächt, fondern auch der Keffel K unmittelbar ge-

Fig. 293.

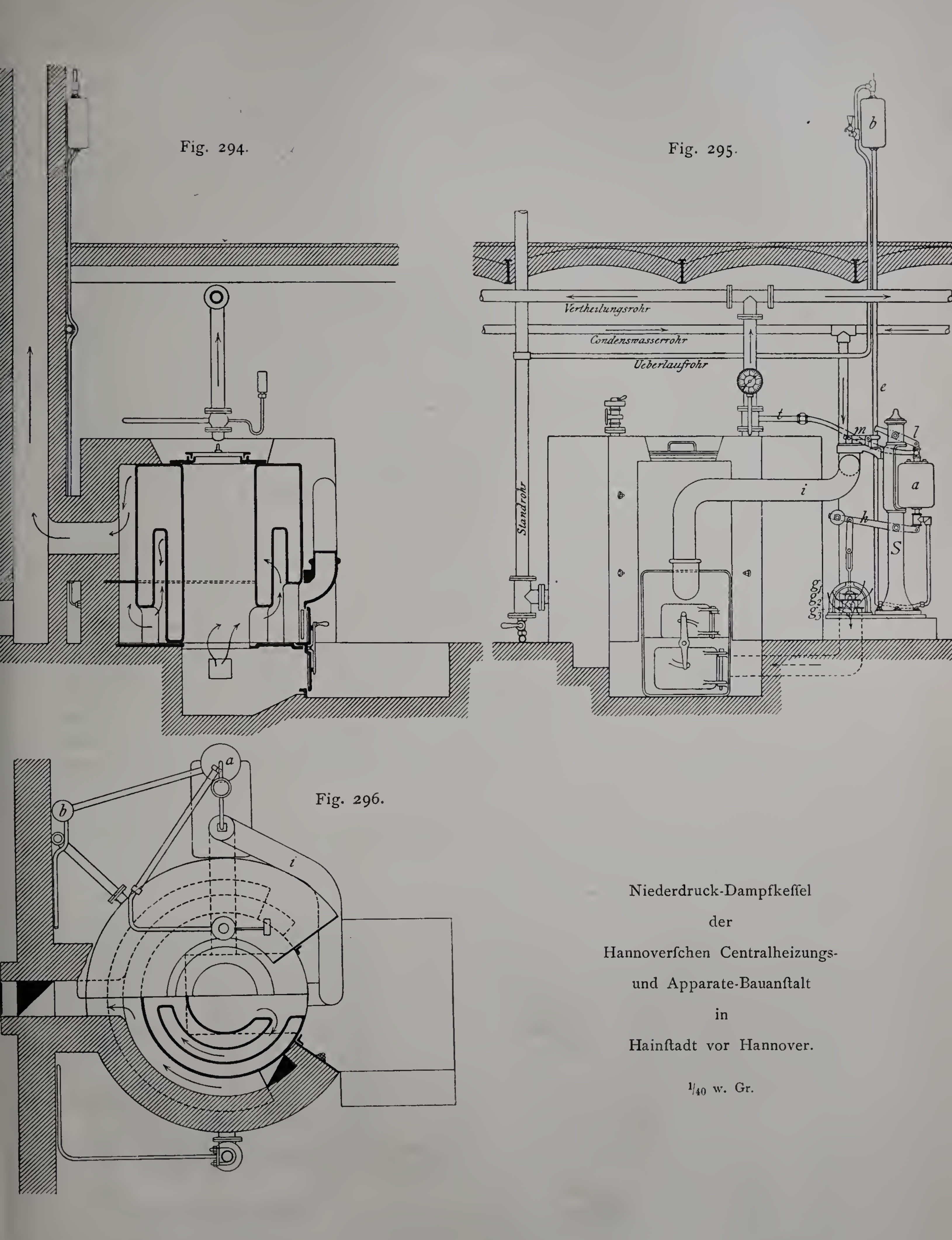




Niederdruck-Dampfkeffel von *Gebr. Körting* zu Hannover.

ca. $^1/_{40}$ w. Gr.

[201]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1869, S. 562.



Niederdruck-Dampfkessel
der
Hannoverschen Centralheizungs-
und Apparate-Bauanstalt
in
Hainstadt vor Hannover.

1/40 w. Gr.

kühlt wird. Man hat indeffen neuerdings vorgezogen, diefe kalte Luft — ftatt zwifchen Roft und Keffel — unter Umgehung des Keffels in den Schornftein zu leiten und hierdurch eine nennenswerthe Wärmeerfparnifs erzielt.

Bemerkenswerth ift noch die Anordnung der Standröhre. Giebt die gewöhnliche Standröhre dem Dampfdrucke nach, fo tritt fehr heifses, ja mit Dampfbläschen durchfetztes Waffer in die Röhre, fo dafs deren Inhalt bei eintretendem Ueberkochen erheblich an Gewicht verliert und hierdurch ein völliges Abblafen des Keffels herbeigeführt wird. Hier fteht die Standröhre *St* mit einem Gefäfse *H* in Verbindung, deffen Wafferinhalt nicht erwärmt ift. Der fteigende Dampfdruck treibt nun das heifse Waffer in *H*, während der kältere Inhalt diefes Gefäfses in die eigentliche Standröhre *I* fteigt.

γ) Einen anderen bemerkenswerthen Keffel, welchen Fig. 294 bis 296 im lothrechten Schnitt, Grundrifs und Vorderanficht darftellen, fertigt die Hannoverfche Centralheizungs- und Apparate-Bauanftalt in Hainholz vor Hannover. Der Keffel hat mit dem unter α befprochenen gemeinfam, dafs die ihn bildenden Blechplatten durch Schweifsung mit einander verbunden find; er weicht zunächft von jenem durch Vorhandenfein eines Roftes ab. Der hier entwickelte Rauch durchftrömt in zwei Zweigen einen Hohlraum ringförmigen Querfchnittes wefentlich in wagrechter Richtung, vereinigt fich der Feuerthür gegenüber, um fofort fich wieder in zwei Zweige zu zerlegen, welche links und rechts um den Keffel fich bewegen, nahe der Feuerthür emporfteigen und dann an der oberen Keffelhälfte entlang dem Schornfteine ftrömen. Diefer Rauchweg ift im wagrechten Schnitt (Fig. 296), bezw. lothrechtem Schnitt (Fig. 294) zu verfolgen. Die Verbrennungsluft tritt durch den Canal ein, deffen Eintrittsöffnung mit einem dreifitzigen Ventil g_1 g_2 g_3 (Fig. 295) verfehen ift. Die drei Platten, welche diefes Ventil bilden, werden, wenn die Ventilftange nach oben bewegt wird, gehoben, jedoch fo, dafs zunächft die obere kleinfte Platte, erft nach völliger Freilegung der betreffenden Oeffnung die zweite ringförmige Platte und fchliefslich die untere ringförmige Platte fich an die Ventilftange hängt.

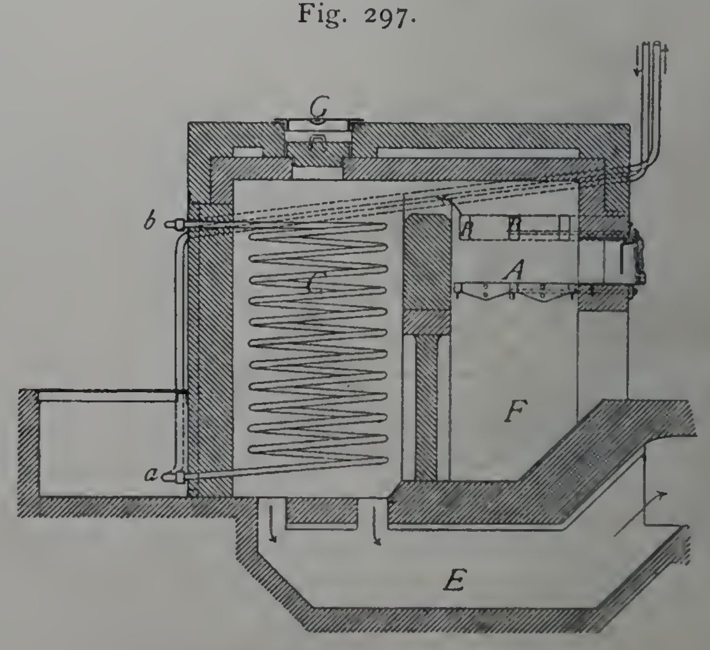
Der diefes Ventil bedienende Regler ift, wie folgt, eingerichtet. Auf den einerfeits durch die Ventilftange und ein Gegengewicht belafteten doppelarmigen Hebel *h*, deffen Drehachfe im Ständer *S* fich befindet, ftützt fich das Gefäfs *a*. Letzteres ift mittels Schläuche unten mit der Röhre *e*, oben mit der Röhre *t* verbunden. Vor Inbetriebnahme des Keffels hatte man das oben offene Gefäfs *b* und von hier aus auch das Gefäfs *a* mit Waffer gefüllt. Sobald ein Ueberdruck im Keffel entfteht, wirkt der Dampf unter Vermittelung der Röhre *t* auf den Inhalt des Gefäfses *a*, verdrängt einen Theil des Waffers — welcher nach Umftänden durch *b* abläuft — und mindert dadurch die rechtsfeitige Belaftung des Hebels *h*, fo dafs das Lufteintritts-Ventil entfprechend gefchloffen wird. Steigt der Dampfdruck trotz der Droffelung des Luft-Zutrittes weiter, fo wird fchliefslich das Ventil völlig gefchloffen. Genügt aber dies noch nicht, um das Steigen des Dampfdruckes zu hindern, fo finkt das Gegengewicht des Hebels *h* mit dem oberen Theile der Ventilftange noch weiter; der linksfeitige Arm des Lenkers *l* trifft auf den doppelarmigen Hebel *m*, hebt das an diefem hängende Luftventil und läfft damit, unter Vermittelung der Röhre *i*, kalte Luft in die Rauch-Canäle ftrömen.

An diefer fonft fehr hübfchen und wirkfamen Einrichtung ift nur zu tadeln, dafs die regelnden Theile den fpielenden Händen unverftändiger Menfchen preisgegeben find; man follte das Ganze mit einer hiergegen fichernden Hülle verfehen.

330.
Erwärmen des Waffers mittels Feuer.

Die Feuerftellen der zum Erwärmen des Waffers dienenden Einrichtungen find von den Feuerftellen überhaupt nicht verfchieden; fie felbft unterfcheiden fich hauptfächlich wegen der Verfchiedenheit des Druckes, der in ihnen eintreten kann. Die Wärmeaufnehmer der Hochdruck-Wafferheizungen find defshalb ausfchliefslich aus eben folchen Röhren gebildet, wie fie zur Leitung des Waffers verwendet werden, während diejenigen der Nieder-

Fig. 297.



Feuerfchlange für Hochdruck-Heizung. — $\frac{1}{60}$ w. Gr.

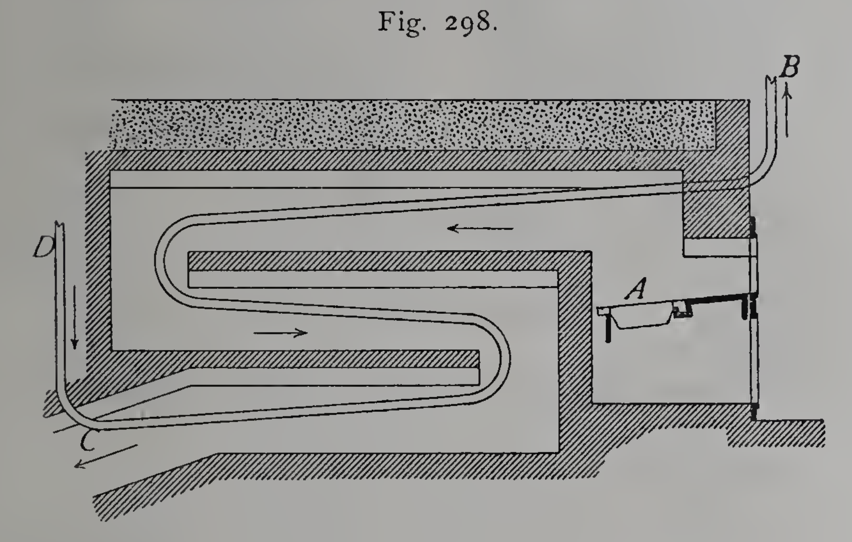
druck-Waſſerheizungen vielfach an die Geſtalt der Dampfkeſſel erinnern, bezw. Keſſel ſind.

Fig. 297 iſt der lothrechte Durchſchnitt eines gebräuchlichen Wärmeaufnehmers für Hochdruck-Waſſerheizungen.

A bezeichnet die Feuerſtelle. Die Luft-Zufuhr erfolgt theils durch die Roſtſpalte, theils durch ſeitlich der Feuerſtelle liegende Canäle *B*, welche über dem Roſt in den Feuerraum münden. Der Rauch überſchreitet die Feuerbrücke, beſpült niederſteigend die ſchraubenförmig gebogenen Röhren *C* und entweicht in den Rauch-Canal *E*. Das zu erwärmende Waſſer tritt bei *a* ein und verläſſt die Schlange bei *b*. Die Hinterwand des Aſchenfalles *F* iſt »verloren« gemauert, ſo daſs ſie ohne groſse Umſtände entfernt, ſomit die Feuerſchlange zugänglich gemacht werden kann. Die Klappe *G* geſtattet nach ihrer Oeffnung das Reinigen der Röhrenſchlange von Flugaſche.

Nach Umſtänden legt man in den Schacht, in welchem die Feuergaſe niederſteigen, mehrere Schlangen, welche jede für ſich mit ihren Leitungs- und Wärme abgebenden Röhren eine beſondere Heizung bilden.

Fig. 298.



Waſſererwärmer für Hochdruck-Heizung von *Schinz*. — 1/50 w. Gr.

Wegen der ungünſtigen Beſpülung der Röhrenoberfläche der vorliegenden Anordnung empfiehlt *Schinz* die Röhrenanlage, welche Fig. 298 verſinnlicht.

Von der Feuerſtelle *A* aus durchſtrömt der Rauch längs der Röhren *B C* über einander liegende Canäle bis zum unterſten derſelben; das Waſſer flieſst von *D* über *C* allmählig ſteigend und in der der Rauchbewegung entgegengeſetzten Richtung nach *B* und von dort zu der Wärme abgebenden Röhren.

Fig. 299.

Heizkeſſel für Niederdruck-Heizung von *Hartly & Sugden*.

Wegen der ſtarken Abnutzung, welche die gemauerten Feuerſtellenwände in Folge des Zuſammenſchmelzens der Aſche mit dem Mauerwerk erfahren, bildet man dieſe Wände zuweilen aus den das Waſſer führenden Röhren [202]).

Andere Anordnungen findet man in den unten genannten Quellen [203]) beſchrieben.

Das Erwärmen des Waſſers der Mitteldruck-Heizungen findet meiſtens in ähnlichen Einrichtungen ſtatt; zuweilen benutzt man jedoch keſſelartige Gefäſse, die bei den Niederdruck-Heizungen meiſtens im Gebrauche ſind.

Gewöhnliche, wie auch die verſchiedenen Röhrendampfkeſſel ſind als Waſſerheizkeſſel brauchbar. Von den den Warmwaſſer-Heizungen eigenen Wärmeaufnehmern ſollen einige beſchrieben werden.

Fig. 299 ſtellt den Querſchnitt und wagrechten Längenſchnitt eines guſseiſernen Keſſels von *Hartly & Sugden* dar.

202) Siehe: HAUSDING, A. Die Heizungs-, Ventilations- u. ſ. w. Anlagen der Actiengeſellſchaft *Schäffer & Walcker*. Berlin 1884.

203) Heizapparat für Heiſswaſſerheizung von R. O. MEYER in Hamburg. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 103.

Feuerung für Heiſswaſſerheizung von FISCHER & STIEHL in Eſſen a. d. Ruhr. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 372.

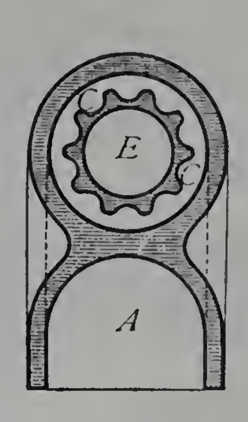
FISCHER. Das Gymnaſium Andreaneum zu Hildesheim. Beſchreibung der Heiz- und Ventilations-Einrichtungen. Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1870, S. 172.

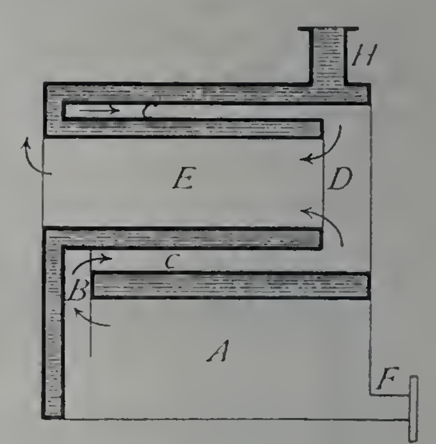
Der zugehörige wagrechte Roft liegt im Canal *1*; von der Feuerftelle fteigt der Rauch durch den Canal *2* nach oben, bewegt fich in *3* nach vorn und wird, durch eine im Mauerwerk ausgefparte Vertiefung, in die beiden Canäle *4*, *4* geleitet, welche den Rauch wieder nach hinten führen. Nach Umftänden wird derfelbe noch weiter, mit Hilfe gemauerter Canäle, um den Keffel geleitet.

Zani hat einen kupfernen Keffel in der Weife angeordnet, wie Fig. 300 im Längen- und Querfchnitt erkennen läfft.

Hier ift im Raume *A* ebenfalls ein wagrechter Roft angebracht, deffen Feuergafe zunächft die gewölbte Decke des Raumes *A*, dann, den Spalt *B* durchftrömend, die gewellte Fläche *C*, hierauf im Raume *D* fich wendend, die trommelförmige Fläche *E* befpülen. Von *E* aus kann der Rauch noch um den Keffel geführt werden. Das Waffer tritt bei *F* ein und verläfft den Keffel bei *H*.

Fig. 300.





Heizkeffel für Niederdruck-Heizung von *Zani*.

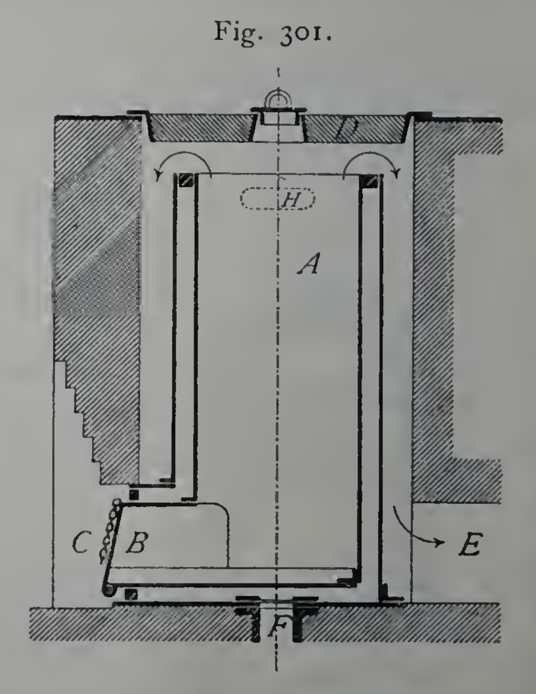
Bezüglich anderer derartiger Keffel fiehe die unten genannten Quellen [204]).

Lothrechte Keffel find im Allgemeinen beliebter, da fie die Anwendung einer Füllfeuerung bequemer machen.

Fig. 301 ift der lothrechte Schnitt eines derartigen Keffels [205]).

Derfelbe befteht aus zwei in einander gefteckten Blechtrommeln mit feitlichem Feuerungshalfe *B*. Die Feuerung ift fo, wie die des *Meidinger*-Ofens; der Brennftoff (Coke) wird von oben eingeworfen und ftützt fich auf die ebene Bodenplatte des inneren Keffeltheiles, im Feuerungshals eine entfprechende Böfchung bildend. Die Thür *C* ift in der Mitte getheilt und jede Hälfte auf dem Gelenkbolzen verfchiebbar, fo dafs man die Weite des entftehenden Spaltes, der die Luft zum Feuer treten läfft, bequem regeln kann. Nach dem Niederklappen der Thür *C* vermag man Afche und Schlacke herauszuziehen; bei gehöriger Vorficht kann man das Feuer während des ganzen Winters ununterbrochen erhalten. Der Keffel *A* ift in einem gemauerten Schachte aufgeftellt, fo dafs zwifchen ihm und der inneren Schachtwand ein Canal ringförmigen Querfchnittes entfteht, in welchem der im Keffel emporgeftiegene Rauch fich weiter abkühlend nach dem Rauch-Abführungs-Canal *E* niederfinkt. Der gemauerte Schacht ift mittels des Deckels *D* gefchloffen und das Mauerwerk mit einer eifernen Platte abgedeckt. Durch die Röhre *F* gelangt das Waffer in das Innere des Keffels, fteigt von hier aus, fich erwärmend, empor und verläfft den Keffel durch die Röhre *H*, welche feitwärts am Keffel befeftigt ift.

Fig. 301.



Heizkeffel für Niederdruck-Heizung von *Hermann Fifcher*. — $^1/_{30}$ w. Gr.

Die Einrichtung eines gröfseren derartigen Keffels ftellt Fig. 302 in lothrechtem Schnitt dar [206]).

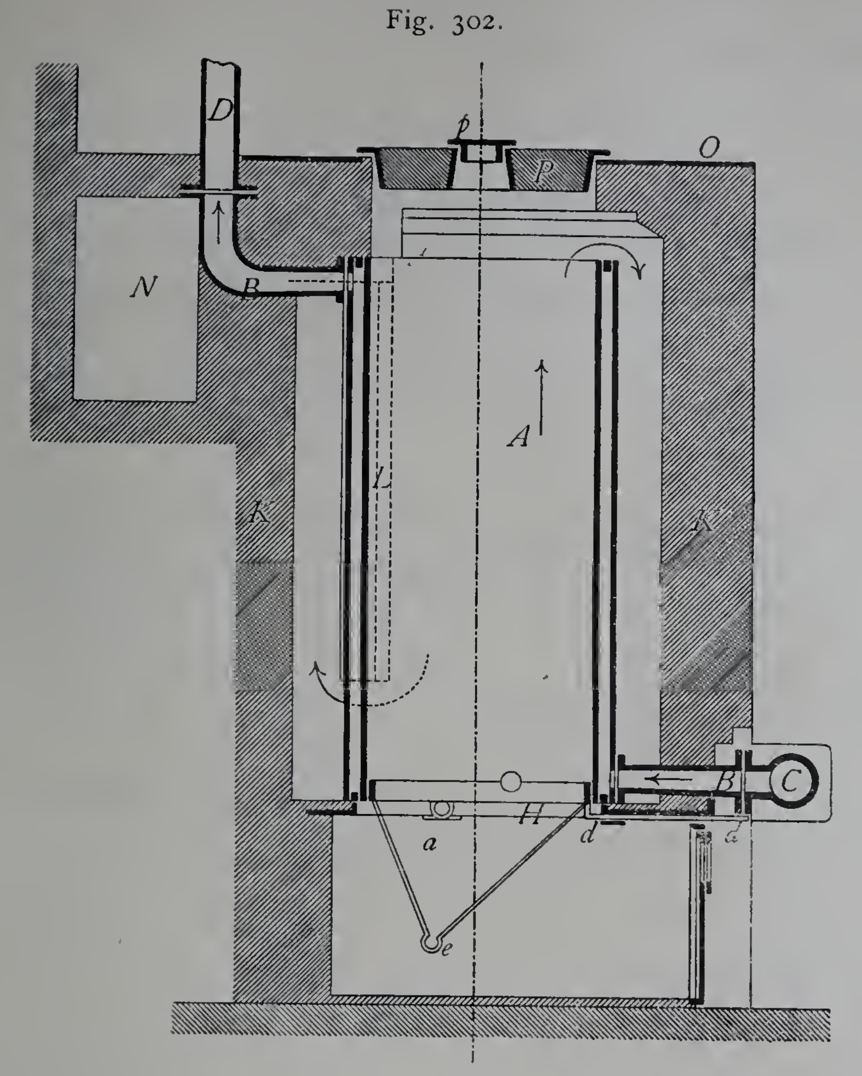
Der Keffel *A* felbft befteht aus zwei in einander gefteckten Blechröhren, die oben und unten mit Hilfe eingelegter Flacheifenringe mit einander vernietet find. Die Röhre *B* führt von der zu vier derartigen Keffeln gehörigen Sammelröhre *C* das Waffer in den Keffel; die Röhre *D* leitet es aufwärts. Der Keffel *A* fteht auf einer eifernen Platte *H*, in welcher zwei Zapfen *a* des Roftes gelagert find; die Axe diefer Zapfen geht nicht durch die Mitte des Roftes, fo dafs der letztere am Kippen durch einen dritten Stützpunkt gehindert werden mufs, der als Schieber *d* an der Platte *H* befeftigt ift. Will man nun, nach längerem Heizen, die angefammelten Schlacken befeitigen, fo ift nur der Schieber bei gefchloffener Thür *I* zurückzuziehen; der Roft kippt um und läfft Schlacken u. f. w. niederfallen, ohne dafs der bedienende

[204]) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 532; 1885, S. 891.

[205]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 221, S. 423.

[206]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 221, S. 423.

Fig. 302.



Heizkeffel für Niederdruck-Heizung von *Hermann Fifcher*. — 1/30 w. Gr.

Arbeiter durch Staub beläftigt wird. Nachdem der Staub fich gelegt hat, erfafft man mittels eines Hakens die Schleife *e*, dreht den Roft in die richtige Lage und bewegt den Schieber *d* wieder unter den Roft. Die gewöhnliche Afchenentfernung gefchieht, indem man einen Haken durch die Oeffnungen des an der Afchenraum-Thür *I* befindlichen gefchlitzten Schiebers — der fonft zur Regelung des Luft-Zutrittes dient — fteckt und von unten in die Roftfpalte führt. Rings um den Keffel ift durch das Mauerwerk *K* ein ringförmiger Raum gebildet, welchen die diagonal liegenden (punktirten) Zungen *L* in zwei gleiche Theile zerlegen. Der Rauch bewegt fich, nachdem derfelbe im Keffel emporgeftiegen ift, in dem einen Theile nach unten, in dem anderen Theile nach oben zu dem mehreren Keffeln gemeinfamen Rauch-Canal *N*.

Andere Heizkeffel findet man in den unten genannten Quellen [207]) befchrieben.

331. Berechnung der Heiz- und Roftflächen.

Die nöthigen Heizflächen werden wie folgt berechnet.

Bei Heifswaffer-Heizungen wird faft immer Gegenftrom angewendet, fo dafs die Heizfläche nach Formel 50 (S. 110) ift:

$$F = \frac{W}{k} \; \frac{\text{log. nat.} \; \dfrac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)} \, .$$

Die Temperatur des Feuers T_1 nimmt man zu 1200 Grad, diejenige des abziehenden Rauches T_2 zu 300 Grad, die Temperatur des heifseren Waffers t_2 zu 200 Grad, jene des zurückkehrenden Waffers t_1 zu 50 Grad an. Alsdann wird

$$F = \frac{W}{k} \cdot 0{,}0017 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 160.$$

Der äufsere Röhrendurchmeffer ift 0,025 m, bezw. 0,033 m, alfo die äufsere Röhrenfläche — welche wegen der grofsen Wärmeleitungsfähigkeit von Waffer in Metall hier als mafsgebend angenommen werden mufs — einer $\mathfrak{L}_1$ langen Röhre

$$F = 0{,}025 \; \pi \; \mathfrak{L}_1 \, , \; \text{bezw.} = 0{,}033 \; \pi \; \mathfrak{L}_1 .$$

Wegen der grofsen Verfchiedenheit der Röhrenweite und des äufseren Röhrendurchmeffers darf man k nicht gröfser als 13 nehmen, fo dafs durch Einfetzen diefes Werthes und Gleichfetzen beider für F genannten Ausdrücke entfteht:

---

207) Fischer, H. Die Heizung und Lüftung gefchloffener Räume auf der internationalen Ausftellung für Gefundheitspflege und Rettungswefen in Brüffel 1876. Polyt. Journ. Bd. 222, S. 6.

Fischer, H. Feuerung des Waffererwärmungskörpers von der »Berliner Actiengefellfchaft für Central-Heizungs-, Waffer- und Gasanlagen, vormals Schäffer & Walcker«. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 12.

Fischer, H. Oefen für Waffer- und Dampfheizungen. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 295.

Bericht über die Weltausftellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der öfterreichifchen Commiffion. 17. Heft. Heizung, Ventilation und Wafferleitungen. Von L. Strohmayer. Wien 1877. S. 41.

Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 532.

für 0,025 m dicke Röhren: $\mathfrak{L}_1 = 0{,}0017\ W = \frac{W}{590}$; . . . 161.

für 0,033 m dicke Röhren: $\mathfrak{L}_1 = 0{,}00125\ W = \frac{W}{800}$ . . . . . 162.

Redtenbacher giebt für die erstere Röhrenart den Werth $\mathfrak{L}_1 = \frac{W}{425}$ an, was wegen des früher gebräuchlichen Zusammendrängens der Röhren als berechtigt bezeichnet werden kann.

Die Roftfläche für Kohlen- und Cokeheizung wählt man gewöhnlich zu

$$R = \frac{W}{200\,000} \text{ bis } \frac{W}{300\,000} \text{ Quadr.-Met.} \quad . . . . 163.$$

Wärmeaufnehmer der Niederdruck-Wafferheizungen find felten für Gegenftrom eingerichtet. Da der Werth $t_2 - t_1$, d. h. die Temperatur-Zunahme des Waffers gering ift, fo rechnet man nach Formel 51 (S. 111):

$$F = \frac{W}{k} \frac{1}{\frac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}},$$

fetzt $k = 15$ bis 18, je nach der mehr oder weniger günftigen Lage der Heizflächen, $T_1 = 1200$, $T_2 = 200$, $t_1 = 60$, $t_2 = 90$ Grad und erhält alsdann

$$F = \frac{W}{11\,150} \text{ bis } \frac{W}{9290} \text{ Quadr.-Met.,} \quad . . . . 164.$$

wofür im Mittel genommen zu werden pflegt:

$$F = \frac{W}{10\,000} \text{ Quadr.-Met.} \quad . . . . 165.$$

Die Roftfläche macht man im Durchfchnitt

$$R = \frac{F}{20} \text{ bis } \frac{F}{25} \quad . . . . 166.$$

Die Wärmeaufnehmer der Mitteldruck-Wafferheizungen werden, je nach ihrer Conftruction, nach Formel 162 bezw. 163 oder 164, bezw. 165 u. 166 berechnet.

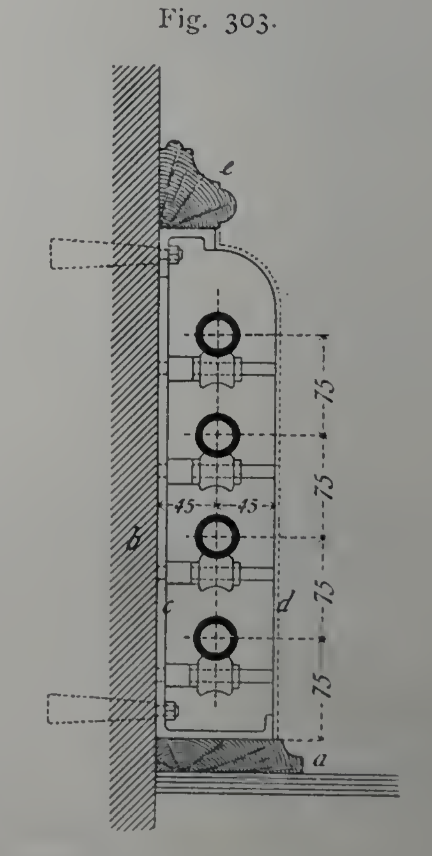
332. Erwärmen des Waffers mittels Dampf.

Es wird das Waffer auch mittels Dampfes erwärmt. Wegen des grofsen Wärmeüberleitungsvermögens aus Dampf in Waffer (fiehe Art. 125, S. 124) genügen hierfür kleine Heizflächen. In manchen Fällen ift lediglich eine Röhre in den Wafferbehälter gefteckt, in anderen diefe Röhre zu einer Schlange gebogen. Beifpiele hierfür findet man in den unten genannten Quellen[208]). Man kann im Mittel für 1 Grad Temperatur-Unterfchied zwifchen Waffer und Dampf 1 qm Heizfläche und 1 Stunde auf die Ueberführung von 1000 Wärmeeinheiten rechnen.

333. Wärmeftrahler der Hochdruck-Heizungen.

Die Wärmeftrahler der Hochdruck-Wafferheizungen beftehen aus längs den Wänden liegenden Röhren, aus Schlangen oder aus fchmiedeeifernen Röhren, welche mit gufseifernen Rippen verfehen find[209]).

Fig. 303.



Röhrenanordnung für eine Hochdruck-Wafferheizung.

---

208) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 439; 1883, S. 537; 1884, S. 737.

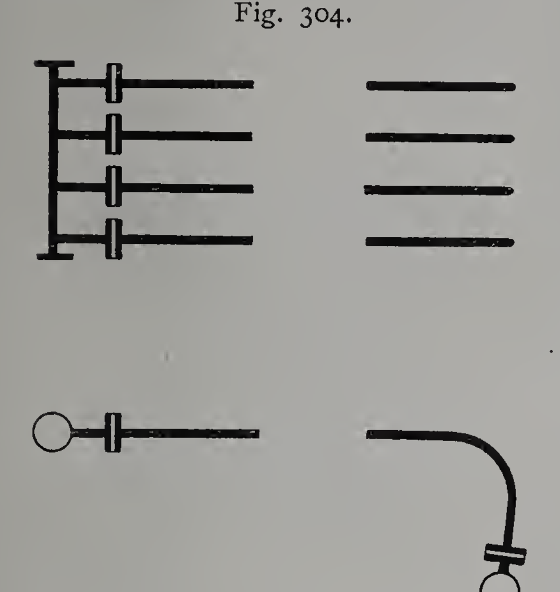
209) Siehe: FISCHER, H. Dampf- und Warmwaffer-Heizungskörper des Eifenwerkes Kaiferslautern. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 225.

Fig. 303 ftellt beifpielsweife den Querfchnitt einer Röhrenanordnung längs einer Wand dar.

Auf dem Fufsboden ift eine Fufsleifte *a* befeftigt; über fie erheben fich die an die Wand *b* gefchraubten Röhrenträger *c*, welche die Röhren mittels Rollen unterftützen. An *c* find dünne eiferne Bügel und die Ziervergitterung *d* gefchraubt, und eine Leifte *e* fchliefst das Ganze oben ab. Die Befeftigung der Bügel mit dem Ziergitter *d* ift derartig gewählt, dafs fie, behuf Reinigens der Heizröhren von anhaftendem Schmutz, leicht gelöst werden kann.

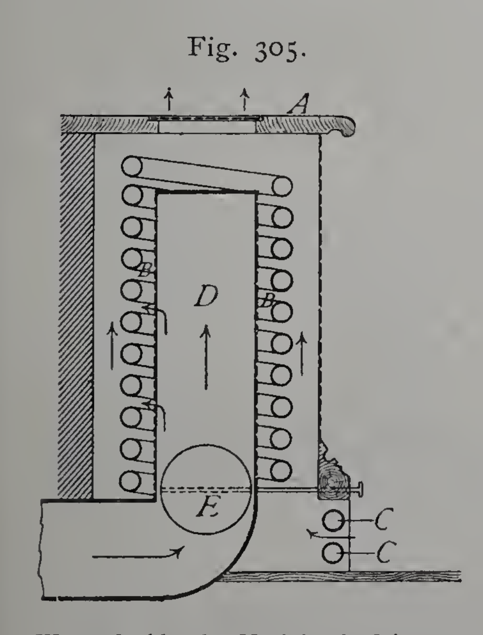
Es ift den Röhren felbftverftändlich freie Ausdehnbarkeit zu gewähren. Dies bedingt, entweder jede Röhre gewiffermafsen felbftändig zu machen, oder — nach der Aufrifs- und Grundrifs-Zeichnung in Fig. 304 — jede der Röhren mit einer befonderen Biegung zu verfehen, da nicht anzunehmen ift, dafs fämmtliche Röhren jederzeit gleich warm find.

Fig. 304.



Eine gebräuchliche Einrichtung einzelner Heizkörper läfft der lothrechte Durchfchnitt in Fig. 305 erkennen. Unterhalb der Fenfterbank *A* liegen die Windungen *B* der Heizfchlange, welcher eine der Röhren *C* das Waffer zuleitet, während die andere zur Zurückführung deffelben dient. Die Röhren *C* dienen gewöhnlich mehreren derartigen Schlangen (vergl. Art. 268, S. 248) und find felbft Heizröhren, da fie hinter einem Gitter den Wänden entlang laufen. Eine Ventilanordnung (vergl. Art. 290, S. 269) geftattet, dafs man das Heizwaffer ganz oder theilweife durch die Schlange *B* ftrömen läfft oder ganz von diefer abfperrt. Die Luft, welche fich an den Röhren *B* erwärmt, fteigt nach oben und veranlafft die kältere Zimmerluft von unten einzutreten. In der Mitte der Heizfchlange befindet fich ein Blechkaften, deffen Wände durchbrochen find. Derfelbe fteht mit einer Leitung, die frifche Luft führt — und vielleicht unmittelbar in das Freie mündet — in Verbindung, fobald die Droffelklappe *E* geöffnet ift. Man vermag defshalb frifche Luft an den Röhren *B* fich erwärmen und im erwärmten Zuftande in das Zimmer treten zu laffen.

Fig. 305.



Wärmeftrahler für Hochdruck-Heizung.
1/20 w. Gr.

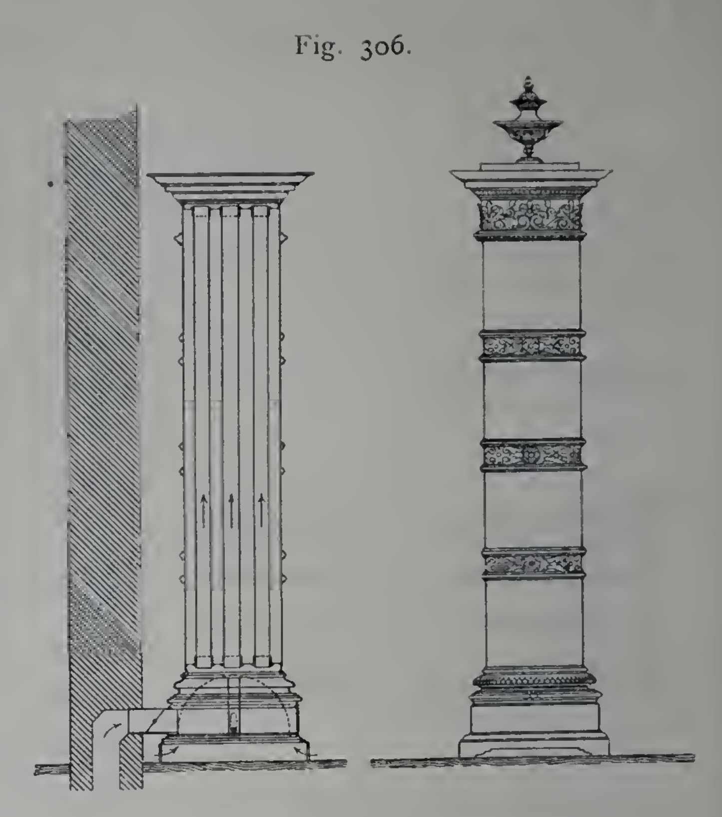
Die Lage des Warmluftgitters in der Fenfterbank, wie überhaupt in der wagrechten Abdeckplatte ift nicht zweckmäfsig, weil durch die Oeffnungen des Gitters leicht Schmutz niederfällt und auf den Heizflächen fich ablagert. Man zieht daher neuerdings vor, fowohl die Warmluftöffnung, als auch die Zutrittsöffnung für die zu erwärmende Luft in die Vorderwand des Mantels zu legen.

Aehnliche Röhrenfchlangen finden in Wandfchränken und befonderen Heizkammern Aufftellung; fie werden auch zu Mitteldruck- und Niederdruck-Wafferheizungen, fo wie zu Dampfheizungen, verwendet und haben gemeiniglich — da man es verfteht, die Röhren durch Zufammenfchweifsen einzelner Stücke fehr lang zu machen — den Vorzug, dafs fie mit weniger Verbindungsftellen behaftet find und, da fie geringe Weite haben, den nothwendigen Dehnungen leicht nachgeben.

334. Oefen für Warmwaffer- und Dampfheizung.

Für Warmwaffer- und Dampfheizungen find aufserdem vielfache Formen der Wärmeftrahler oder Oefen gebräuchlich; es foll hier eine kleine Auslefe gegeben werden. Ein beliebter Ofen[210]) ift durch Fig. 306 im lothrechten Durchfchnitt und in der Anficht dargeftellt.

Fig. 306.

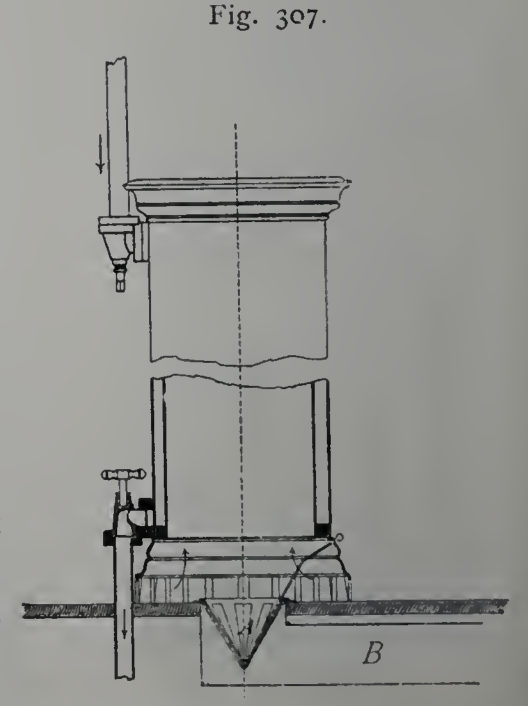


Ofen für Warmwaffer-Heizung.

Man bemerkt, dafs auf einem Sockel eine Blechtrommel geftellt ift, durch deren Böden eine Zahl oben und unten offener Röhren führen. Den Raum zwifchen der Aufsenwand und den foeben genannten Röhren füllt das warme Waffer oder der Dampf aus. Die Aufsenfläche des Ofens fteht mit der Zimmerluft in Berührung, während den Innenwänden der Röhren entweder die Zimmerluft (nach Oeffnen zweier im Sockel liegender Klappen) oder frifche Luft (nach Oeffnen der Droffelklappe im Luft-Zuführungs-Canal) zur Erwärmung dargeboten wird.

Die Röhren diefes Ofens find im Vergleich zu ihrer Länge fehr eng, fo dafs in einiger Höhe der Temperatur-Unterfchied zwifchen Waffer und Luft ein geringer wird, alfo die Wärmeabgabe für jedes Quadr.-Meter der Fläche von der durchfchnittlichen Wärmeabgabe weit entfernt bleibt (vergl. Art. 336, S. 321). Es ift defshalb vorzuziehen, wenige, aber weitere Röhren zu verwenden. Fig. 307 zeigt einen derartigen Ofen mit nur einer inneren Röhre; er befteht aus zwei in einander gefteckten, oben und unten verbundenen Blechtrommeln, die auf einem Sockel ruhen. Die Innenfläche der Röhre dient entweder zur Wiedererwärmung der Zimmerluft oder zur Erwärmung der frifchen Luft, welche der Schieber *A* aus der Blechröhre *B* zuftrömen läfft.

Fig. 307.



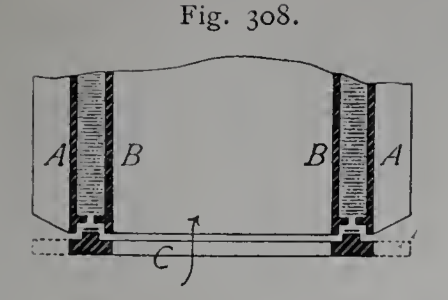
Ofen für Warmwaffer-Heizung. — 1/20 w. Gr.

Hinter Mänteln oder in Heizkammern verwendet man ähnliche Oefen einfacherer Geftalt. Fig. 308 zeigt z. B. den theilweifen lothrechten Schnitt eines Ofens von *d'Hamelincourt*. Beide Trommeln *A* und *B* find aus Gufseifen angefertigt, die äufsere *A* auch mit Rippen verfehen. Die Verbindung beider ift oben und unten durch je einen Ring *C* bewirkt.

Des geringeren Raumbedarfes halber geftaltet man die Oefen häufig plattenförmig. Man nietet z. B. zwifchen die Ränder ebener Blechtafeln einen Flacheifenring und fteift die Platten in der nöthigen Zahl von Punkten mittels Stehbolzen ab. Beliebt find die gufseifernen Heizkaften mit Rippen (Fig. 309 in theilweifer Aufficht

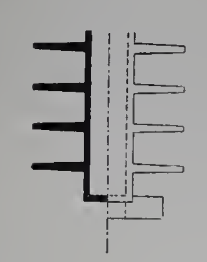
210) Die Abbildung ift von *Aird & Marc* in Berlin.

Fig. 308.



Ofen für Warmwaffer-Heizung von *d'Hamelincourt.*

Fig. 309.

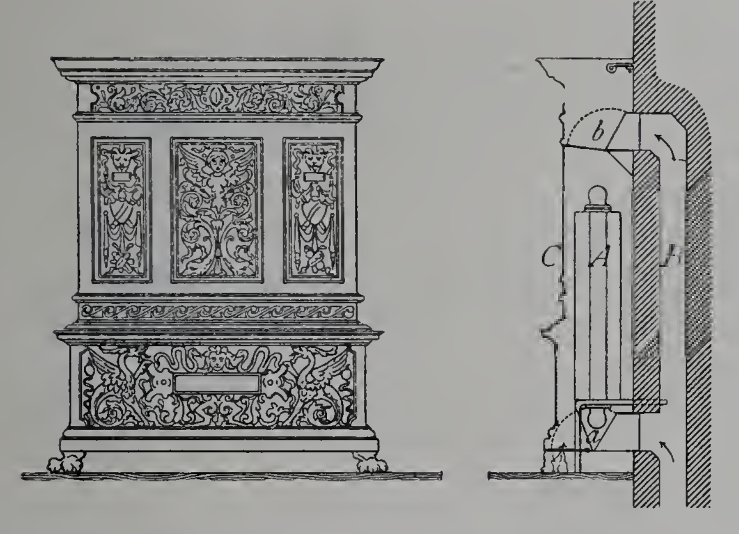


Heizkaften für Warmwaffer-Heizung.
1/10 w. Gr.



und theilweifem wagrechten Schnitt), von welchen oft mehrere zufammengebaut werden. Man ftellt diefelben unter den Fenfterbänken, in Wandfchränken und in Heizkammern auf. Eine Aufftellung in einem Wandfchrank zeigt Fig. 310 (*Aird & Marc* in Berlin) in Querfchnitt und Vorderanficht. *A* bezeichnet den gufseifernen, mit Rippen verfehenen Heizkaften; *C* den Mantel, welcher theils aus geftanztem Blech, theils aus Zinkgufs befteht; *a* eine Klappe, welche geftattet, entweder den Luft-Zuflufs aus dem Zimmer oder denjenigen aus dem Frifchluft-Canal *B* abzufperren, bezw. beide theilweife frei zu halten; *b* eine Klappe, welche entweder der erwärmten Luft oder der unerwärmten frifchen Luft oder beiden gleichzeitig den Eintritt in das Zimmer geftattet.

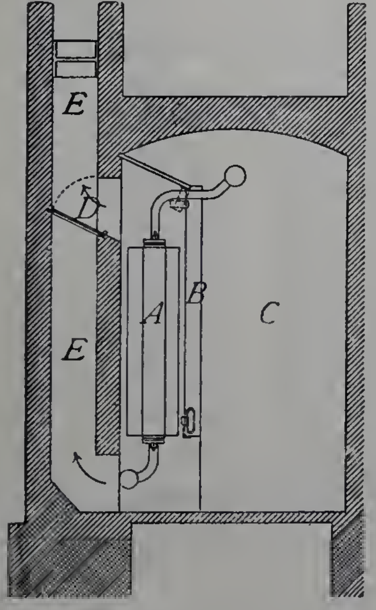
Fig. 310.



Heizkörper für Warmwaffer-Heizung von *Aird & Marc* in Berlin.
1/50 w. Gr.

Fig. 311 ift der lothrechte Durchfchnitt einer Aufftellung deffelben Ofens in der Heizkammer. *A* bezeichnet den Ofen, *B* die verfchiebbare Vorderwand der Heizkammer, *C* den Frifchluft-Canal. Je nach der Stellung der Mifchklappe *D* mufs die frifche Luft entweder den Ofen *A* befpülen oder gelangt durch den Canal *E* in unerwärmtem Zuftande nach dem Orte ihrer Beftimmung oder ftrömt endlich theilweife durch die Heizkammer, theilweife feitwärts derfelben durch den Canal *E*.

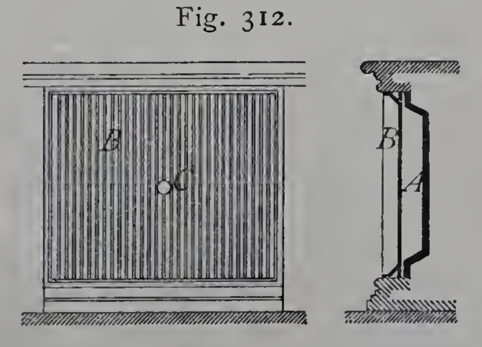
Fig. 311.



Warmwaffer-Ofen für Heizkammern.

Recht niedlich find die Heizkaften, welche Fig. 312 verfinnlicht [211]). Unter der Fenfterbank ift ein gufseiferner Kaften *A* eingelegt, deffen Deckel *B* aus Meffing angefertigt und mit zahlreichen Rippen verfehen ift. *C* bezeichnet den Knopf des Ventils, mittels deffen der Umlauf des Waffers geregelt oder abgefperrt werden kann. Die Platte *B* erwärmt die im Zimmer befindliche Luft unmittelbar; an die Rückfeite des Kaftens *A* wird die Luft befonders geleitet.

Fig. 312.



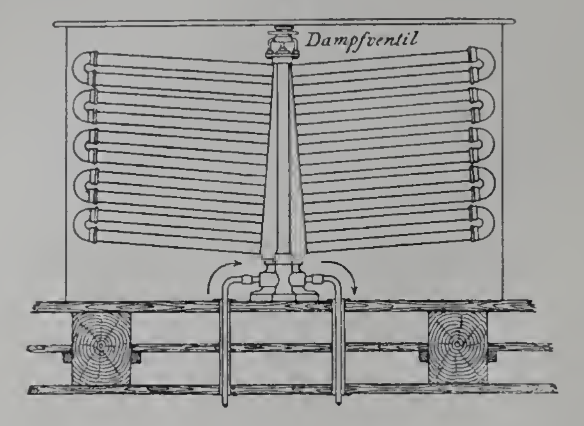
Heizkaften für Warmwaffer-Heizung.

211) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 9.

Einen eigenartigen Wärmeſtrahler, welchen *Käuffer & Co.* in Mainz für Niederdruck-Dampfheizungen verwenden, ſtellt Fig. 313 in Anſicht dar.

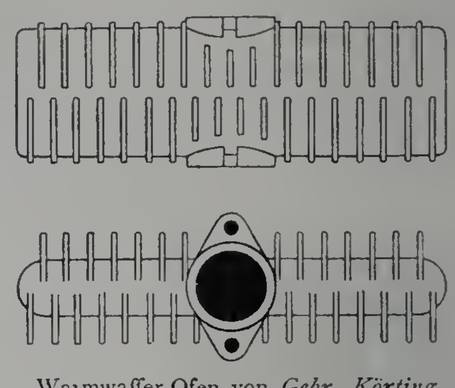
Der Dampf tritt in den Fuſs eines guſseiſernen Mittelkörpers und wird in einer röhrenartigen Ausſparung deſſelben zu dem an ſeinem Kopfe befindlichen Regelungsventil geführt. Von dort tritt der Dampf

Fig. 313.



Warmwaſſer-Ofen von *Käuffer & Co.* in Mainz.

Fig. 314.



Warmwaſſer-Ofen von *Gebr. Körting* in Hannover.

in die Haupthöhlung des guſseiſernen Körpers, in welchen die ſchmiedeeiſernen, hufeiſenförmigen Röhren frei münden, ſo daſs der Dampf in ſie einzutreten und das Waſſer abzufließen vermag. Das Niederſchlagswaſſer entweicht aus dem Fuſs des guſseiſernen Ständers.

Um den Wärmeſtrahler billig und doch gut herſtellen zu können, haben *Gebr. Körting* in Hannover ſeit dem Jahre 1876 Gliederöfen eingeführt. Dieſelben werden jetzt von zahlreichen Fabriken verfertigt und haben die älteren Einrichtungen faſt verdrängt.

Fig. 315.

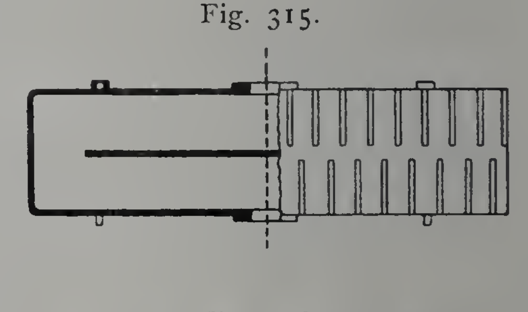


Fig. 314 zeigt ein einfaches ſtabförmiges Glied, welches aus einer platten, an beiden Enden verſchloſſenen, mit Rippen verſehenen Röhre und zwei einander gegenüber liegenden Stutzen beſteht. Den unteren Stutzen des unterſten Gliedes eines Ofens ſchlieſst ein guſseiſerner Fuſs, der zur Ableitung des Niederſchlags-, bezw. abgekühlten Waſſers geeignet eingerichtet iſt, den oberen Stutzen des oberen Gliedes eine Platte, in welcher die Dampf-, bezw. Waſſerleitung mündet; im Uebrigen legt ſich Glied auf Glied. Ein ſolches etwa 0,6 m langes Glied hat etwa 0,9 qm Heizfläche, die Rippenfläche eingeſchloſſen.

Die doppelten ſtabförmigen Glieder (Fig. 315) haben gröſsere Länge und gröſsere Höhe und ſind mit einer Mittelwand verſehen, welche die wärmeabgebende Flüſſigkeit zwingt, die Enden des Gliedes aufzuſuchen.

Die Glieder werden auch kranzförmig ausgeführt.

Fig. 316.

Die Schrägrippen (ſiehe Art. 327, S. 299), auf welche weiter unten noch einmal zurückgekommen werden wird, ſind beſonders wirkſam für Waſſer- und Dampfheizöfen. Sie ſind denn auch für die Gliederöfen verwerthet.

Fig. 316 verſinnlicht eines dieſer Glieder in Anſicht und Schnitt, von denen eine Anzahl mittels der angegebenen Flanſche mit einander verbunden werden, um einen gewiſſermaſsen beliebig langen Heizkörper zu bilden. Es ſei darauf hingewieſen, daſs die am Ofen zu erwärmende Luft faſt genau gleiche Wege längs deſſen Flächen zurückzulegen hat. Im Uebrigen ſei bezüglich der Gliederöfen auf die unten genannte Quelle [212]) verwieſen.

---

212 Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 533; 1885, S. 892.

Vielfach verfchiedene Zufammenftellungen von Röhren mit und ohne Rippen erwähne ich nur und verweife im Uebrigen auf die unten genannten Quellen[213]).

335. Berechnung der Heizkörper.

Die Berechnung der Wärme abgebenden Flächen der Dampf- und Waffer-heizkörper mufs der niedrigen Temperaturen halber mit gröfserer Vorficht vorgenommen werden, als diejenige der gewöhnlichen, unmittelbar vom Rauche berührten Heizflächen. Bei letzteren läfft fich, fo fern die Leiftung eines folchen Ofens hinter den Anforderungen zurückbleibt, durch lebhafteres Schüren und Anfachen des Feuers die mittlere Rauchtemperatur erhöhen, wobei allerdings die Nutzleiftung der Gewichtseinheit des Brennftoffes geringer wird; bei erfteren find die Temperaturen eng begrenzt.

Man berechnet die Heizflächen nach der Gleichung 51 (S. 111):

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)},$$

mufs aber, oft auf umftändlichem Wege, die Temperaturen T_1, T_2, t_1 und t_2 beftimmen.

Die Anfangs-Temperatur T_1 des Wärme abgebenden Mittels ift am leichteften zu beftimmen. Die Temperatur des Dampfes entfpricht immer feiner Spannung und ift der Tabelle auf S. 241 zu entnehmen. Für Waffer ift die Temperatur, mit welcher daffelbe in den Heizofen tritt, in der Regel ebenfalls leicht zu beftimmen, da der Temperaturverluft vom Waffererwärmer bis zum Wärmeftrahler nöthigenfalls berechnet, in den gewöhnlichen Fällen auch genügend genau gefchätzt werden kann.

Die Temperatur des Dampfes bleibt bis zu feiner Verdichtung unverändert; alfo ift bei Dampfheizungen $T_1 = T_2$ anzunehmen. Die Temperatur T_2 des Waffers mufs jedoch befonders beftimmt werden, und zwar auf Grund der verwendeten Röhrenleitung (vergl. Art. 267, S. 245). Man wird in vielen Fällen, um T_2 möglichft grofs zu erhalten, verhältnifsmäfsig weite Röhren anwenden, hierdurch zwar die Koften der Röhrenleitungen vermehren, aber die Koften der Wärmeftrahler vermindern.

Die Anfangs-Temperatur t_1, mit welcher die Luft den Heizkörper trifft, ift bei verfchiedenen Anlagen fehr verfchieden. Für Umlaufsheizungen, alfo wenn man die Luft des zu heizenden Raumes den Heizflächen zuführt, fetzt man für t_1 die Temperatur, welche die Luft nach der Erwärmung des Raumes hat; da während des Anheizens die Temperatur t_1 geringer ift, fo ift die Wärmeabgabe eine gröfsere, was nicht ftört. Entnimmt man die zu erwärmende Luft dem Freien, fo fetzt man für t_1 diejenige Temperatur, welche für den Wärmebedarf als Aufsen-Temperatur angenommen wurde.

Am fchwerften ift die End-Temperatur t_2 der erwärmten Luft zu beftimmen. So fern man die Heizflächen frei im Raume aufftellt, diefelben alfo unbehindert von der Zimmerluft befpült werden können, fo wird man unbedenklich für t_2 die mittlere Zimmertemperatur, alfo $t_2 = t_1$ fetzen können. Hierbei darf jedoch nicht überfehen werden, dafs bei hohen Heizflächen die Temperatur der die oberen Theile

[213]) Fischer, H. Warmwafferöfen. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 9.
Fischer, H. Oefen für Waffer- und Dampfheizungen. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 295.
Wiman, E. A. Warmwaffer-Heizung des Schulgebäudes in Wefterwik. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1871, S. 679.
Meyer, F. Die Warmwaffer-Heizung von Franz San Galli in St. Petersburg. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 239.
Rösicke, H. Warmwaffer-Heizung für kleine Anlagen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1876, S. 31.
Rösicke, H. Heizkörper-Ummantelung für Centralheizungen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 323; 1883, S. 533; 1885, S. 892.

derſelben beſpülenden Luft oft erheblich höher iſt, indem dieſe vorher die unteren Theile der Heizflächen beſpült hat. In Rückſicht hierauf wählt man geringe Heizflächenhöhen oder für hohe Heizflächen die Werthziffer k kleiner, als gewöhnlich.

Beſtehen die Heizflächen aus von auſsen erwärmten Röhren (vergl. Fig. 306 u. 307) oder ſind die Oefen ummantelt, bezw. in Heizkammern untergebracht, ſo iſt anders zu verſahren.

In einigen Fällen treibt man die Luft mittels beſonderer Kraft, Gebläſe u. ſ. w., den Heizflächen entlang. Alsdann iſt die Wärmemenge W, welche von der Luft aufgenommen wird, wenn $\mathfrak{L}$ die ſtündlich gelieferte Luftmenge (in Kilogr.) bezeichnet,

$$W = \mathfrak{L} \cdot 0{,}24\,(t_2 - t_1) \quad \ldots \quad 167.$$

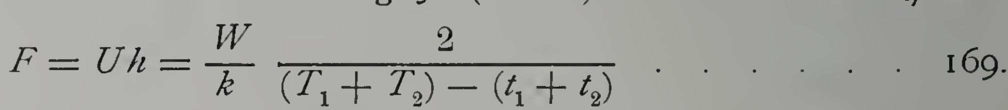
oder

$$t_2 = \frac{W}{\mathfrak{L} \cdot 0{,}24} + t_1 \quad \ldots \quad 168.$$

In der Mehrzahl der Fälle ſoll jedoch der durch die Erwärmung hervorgerufene Auftrieb die Luft an den Heizflächen entlang führen. Alsdann iſt die Frage, welche End-Temperatur t_2 die Luft hat, während ſie die verſchiedenen Stellen des Ofens verläſſt, nur auf Umwegen zu beſtimmen.

Fig. 317.

Fig. 317 ſtelle eine Röhre dar, die von auſsen durch warmes Waſſer der Anfangs-Temperatur T_1 und End-Temperatur T_2 berührt wird. Die Luft durchſtröme das Innere der Röhre und werde in derſelben von t_1 auf t_2 erwärmt. Der Querſchnitt der Röhre ſei q Quadr.-Met., der Umfang derſelben U Met., und die mittlere ſecundliche Luftgeſchwindigkeit v Met.; der Auftrieb werde nur durch die Höhe h gebildet. Alsdann iſt nach Gleichung 51 (S. 111):



$$F = Uh = \frac{W}{k} \; \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} \quad \ldots \quad 169.$$

Ferner iſt nach Gleichung 167, wenn für $\mathfrak{L}$ geſetzt wird

$$\mathfrak{L} = q\,v \cdot 3600\,\gamma\,, \quad \ldots \quad 170.$$

$$W = \mathfrak{L}\,(t_2 - t_1)\,0{,}24 = 0{,}24 \cdot 3600\,\gamma\,q\,v\,(t_2 - t_1) \quad \ldots \quad 171.$$

Der verfügbare Auftrieb beträgt

$$\mathfrak{A} = h\left(1{,}3 - 0{,}004\,t_1 - 1{,}3 + 0{,}004\,\frac{t_1 + t_2}{2}\right) = 0{,}002\,(t_2 - t_1)\,h\,, \quad \ldots \quad 172.$$

und die Widerſtände ſind

$$\mathfrak{W} = \gamma\left[\varkappa\,\frac{u}{q}\,h\left(\frac{1}{v} + 20\right) + \Sigma\,\xi\right]\frac{v^2}{2g} \quad \ldots \quad 173.$$

In letzterer Gleichung mag behuf deren Vereinfachung

$$\varkappa\left(\frac{1}{v} + 20\right) = 0{,}009$$

geſetzt werden, ſo daſs durch Gleichſetzung des Auftriebes und der Widerſtände

$$0{,}002\,(t_2 - t_1)\,h = \gamma\left(0{,}009\,\frac{u}{q}\,h + \Sigma\,\xi\right)\frac{v^2}{2g} \quad \ldots \quad 174.$$

wird, und hieraus

$$v = \sqrt{\frac{0{,}002\,(t_2 - t_1)\,2gh}{\gamma\left(0{,}009\,\frac{u}{q}\,h + \Sigma\,\xi\right)}} \quad \ldots \quad 175.$$

Es fei darauf hingewiefen, dafs der Umfang einmal mit U (Gleichung 169), bei den Widerftänden aber mit u bezeichnet ift. Dies ift gefchehen, weil nicht immer der gefammte, die Widerftände bedingende Umfang auch Wärme abgebend ift. Weiter unten ift die Benutzung der verfchiedenen Bezeichnungsweife zu finden.

Durch Vereinigung der beiden Gleichungen 169 u. 171 entfteht ferner

$$\frac{U h}{2} k \left[T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)\right] = 0{,}24 \, . \, 3600 \, \gamma \, q \, v \, (t_2 - t_1) \, ; \quad \ldots \quad 176.$$

fonach

$$v = \frac{U}{q} \; \frac{\left[T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)\right] h \, k}{2 \, . \, 0{,}24 \, . \, 3600 \, \gamma \, (t_2 - t_1)} \quad \ldots \quad 177.$$

Setzt man nun die Werthe in den Gleichungen 175 u. 177 für v einander gleich, fo findet man, nach einigen Umgeftaltungen,

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{342} \, k \sqrt{\frac{\left(0{,}009 \, \frac{u}{q} \, h + \Sigma \xi\right) h}{\gamma \, (t_2 - t_1)^3}} \quad \ldots \quad 178.$$

Man wird in diefer Gleichung für γ, zumal γ unter dem Wurzelzeichen fteht, unbedenklich denjenigen Werth (1,18) fetzen, welcher 30 Grad warmer Luft eigen ift, wodurch man endlich erhält

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{371} \, k \sqrt{\frac{\left(0{,}009 \, \frac{u}{q} \, h + \Sigma \xi\right) h}{(t_2 - t_1)^3}} \quad \ldots \quad 179.$$

In dem Falle, dafs die Luft, nachdem fie die Heizflächen verlaffen hat, noch in einem anfchliefsenden Canale von q_1 Quadr.-Meter Querfchnitt, u_1 Meter Umfang und h_1 Meter Höhe emporfteigt und dann erft in das zu beheizende Zimmer fich ergiefst, gewinnt man auf gleichem Wege

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{525} \, k \, h \sqrt{\frac{0{,}009 \left(\frac{u}{q} \, h + \frac{u_1}{q_1} \, h_1\right) + \Sigma \xi}{(t_2 - t_1)^3 \left(\frac{h}{2} + h_1\right)}} \quad \ldots \quad 180.$$

Dagegen entfteht aus Gleichung 179 für den befonderen Fall, dafs q kreisförmig ift, wegen

$$\frac{q}{U} = \frac{D^2 \frac{\pi}{4}}{D \pi} = \frac{D}{4},$$

$$D = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{93} \, k \sqrt{\frac{\left(0{,}036 \, \frac{h}{D} + \Sigma \xi\right) h}{(t_2 - t_1)^3}} \quad \ldots \quad 181.$$

Man kann die Gleichungen 179 u. 180 auch fo geftalten, dafs aus denfelben unmittelbar h, bezw. h_1 bei gegebenem $\frac{q}{U}$ zu gewinnen ift.

Es wird

$$h = \sqrt{\left(55{,}5 \, \frac{q}{u} \, \Sigma \xi\right)^2 + \frac{\left[250 \, (t_2 - t_1)\right]^3 q^3}{u \, U^2 \, (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2 \, k^2}} - 55{,}5 \, \frac{q}{u} \, \Sigma \xi \quad . \quad 182.$$

und

$$h_1 = \frac{- \left[65 \, (t_2 - t_1)\right]^3 q^2 \, \frac{h}{2} + \left(0{,}009 \, \frac{u}{q} + \Sigma \xi\right) U^2 h^2 k^2 (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2}{+ \left[65 \, (t_2 - t_1)\right]^3 q^2 - 0{,}009 \, \frac{u_1}{q_1} \, U^2 h^2 k^2 \, (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2} \, . \quad 183.$$

Keine der hier aufgeftellten Gleichungen ermöglicht nun, t_2 unmittelbar zu beftimmen; es mufs vielmehr t_2 nach Schätzung angenommen und verfucht werden, ob der betreffende Werth mit den übrigen Gröfsen im Einklange fteht.

Regelmäfsig pflegt man ftatt deffen von vornherein t_2 anzunehmen, zumal ein hoher Werth des t_2 ungünftig auf die Gleichmäfsigkeit der Temperatur des zu beheizenden Raumes in lothrechter Richtung einwirkt, und hiernach die anderen Werthe zu beftimmen. t_2 wird zwifchen 30 und 40 Grad, faft niemals höher gewählt.

336. Beifpiele.

Behuf Erläuterung des Verfahrens feien einige Beifpiele angeführt.

Gegeben ift: $T_1 = 90$ Grad; $T_2 = 50$ Grad; $t_1 = 18$ Grad; $t_2 = 38$ Grad und $k = 16$.

α) Es foll berechnet werden, welches Verhältnifs $\frac{q}{u}$ für eine glattwandige Röhre nach Fig. 317, bezw. Fig. 306 u. 307 bei 1,0 m Höhe anzuwenden ift. Das obere Röhrenende ift frei offen; unterhalb deffelben kommt eine Vergitterung mit $\xi = 0{,}8$, eine gute Abrundung mit $\xi = 0{,}3$ und das die Luftbewegung überhaupt erzeugende $\xi = 1$, alfo $\Sigma \xi = 2{,}1$ in Frage. $\frac{u}{q}$ ift zu 20 gefchätzt. Alsdann ift nach Gleichung 179

$$\frac{q}{U} = \frac{90 + 50 - 18 - 38}{371} \, 16 \sqrt{\frac{(0{,}009 \cdot 20 \cdot 1 + 2{,}1)\, 1}{(38 - 18)^3}} = 0{,}06$$

oder

$$D = 0{,}24 \text{ m}.$$

Es ift hiernach $\frac{u}{q}$ zu grofs gefchätzt; Angefichts des geringen Einfluffes diefes Werthes innerhalb der Rechnung fchadet dies nichts.

Denfelben Werth für D gewinnt man natürlich auch aus Gleichung 181.

Man fieht, dafs die Röhre, trotz der geringen Länge, eine erhebliche Weite haben mufs, um $t_2 = 38$ Grad werden zu laffen.

β) Es foll die Höhe h berechnet werden, wenn $D = 0{,}05$ angenommen wird. Wie vorhin fei $\Sigma \xi = 2{,}1$; $\frac{u}{q}$ ift $= 80$. Alsdann wird nach Gleichung 182

$$h = \sqrt{\left(\frac{55{,}5 \cdot 2{,}1}{80}\right)^2 + \frac{[250\,(38 - 18)]^3}{80^3\,(90 + 50 - 18 - 38)^2 \cdot 16^2}} - \frac{55{,}5}{80}\, 2{,}1 = 0{,}044 \text{ m}.$$

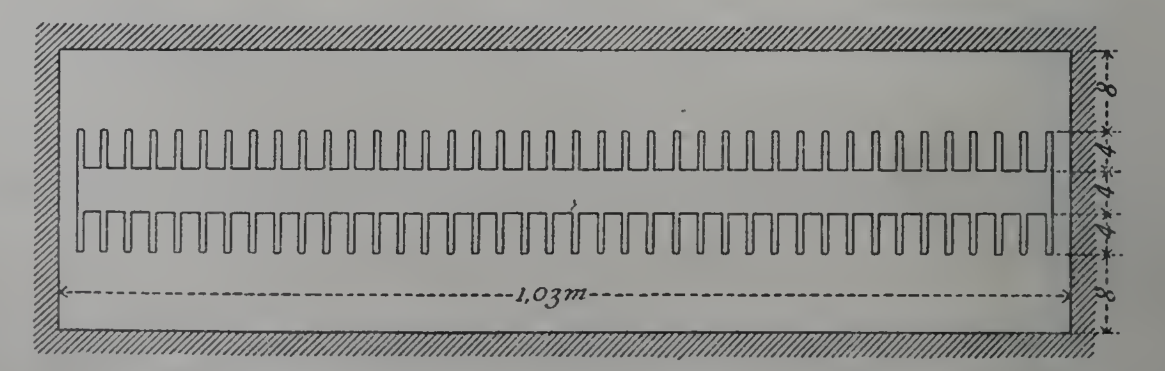
So enge Röhren dürfen alfo, wenn nur der in ihnen wirkfam werdende Auftrieb zur Luftbewegung dient und man t_2 nicht fehr grofs machen will, nur fehr kurz werden.

Selbft, wenn $t_2 = 68$ Grad angenommen wird, ergiebt fich h nur zu 0,6 m.

Etwas günftiger würden die Rechnungsergebniffe fein, wenn die Vergitterung am Fufse der Röhre hinwegfiele.

γ) Es fei mit Hilfe der Gleichung 182 die zuläffige Höhe eines nach Fig. 318 ummantelten Gliederofens, der mittels Dampf von 10 500 kg Spannung geheizt wird, zu berechnen.

Fig. 318.



Es ift $T_1 = T_2 = 101$ Grad; ferner fei $t_1 = +18$ Grad, $t_2 = +40$ Grad und $k = 8{,}5$. Aus Fig. 318 ergiebt fich $U = 8{,}4$, $u = 11$, $q = 0{,}25$ und $\frac{q}{u} = 0{,}022$. Der Luft-Zutritt, wie deren Austritt fei unbehindert, fonach $\Sigma \xi = 1$ und

$$h = \sqrt{(55{,}5 \cdot 0{,}022 \cdot 1)^2 + \frac{[250\,(40 - 18)\, 0{,}25]^3}{11 \cdot 8{,}4^2\,(101 + 101 - 40 - 18)^2\, 8{,}5^2}} - (55{,}5 \cdot 0{,}022 \cdot 1) = 0{,}71 \text{ m}.$$

δ) Endlich sei, wegen Raummangels, die Weite des Mantels — statt 0,28 m — nur 0,24 m; die Ofenhöhe solle 2 m betragen, die sonstigen Verhältnisse unverändert bleiben; nur sei die obere Oeffnung leicht vergittert ($\xi = 0{,}5$); vor ihr befinde sich eine gut abgerundete Ablenkung ($\xi = 0{,}3$) und die Querschnittsänderung nahe über dem Ofen verursache den Widerstand $\xi = 0{,}2$, so dass $\Sigma \xi = 2$ wird. Wie hoch ($h_1 = ?$) muss der Schacht vom Querschnitt $q_1 = 1{,}03 \times 0{,}16 = 0{,}165$ qm und vom Umfange $u_1 = 2\,(1{,}03 + 0{,}16) = 2{,}38$ m sein?

Aus Gleichung 183 ergiebt sich

$$h_1 = \frac{-\,(65 \cdot 22)^3\, 0{,}2^2\, \frac{2}{2} + (0{,}009 \cdot 54 + 2)\,(8{,}4 \cdot 2 \cdot 8{,}5 \cdot 144)^2}{(65 \cdot 22)^3\, 0{,}2^2 + 0{,}009 \cdot 14{,}4\,(8{,}4 \cdot 2 \cdot 8{,}5 \cdot 144)^2} = 12{,}9 \text{ m}.$$

337. Folgerungen.

Man wird nun nicht daran denken, beim Entwurfe einer Heizungs-Anlage für jeden einzelnen Heizkörper diese umständlichen Rechnungen durchzuführen. Sie sind vielmehr Seitens des Verfertigers der Oefen, bezw. Ofenmäntel, anzustellen, so dass dieser Auskunft zu geben im Stande ist, welche Werthe aus den von ihm gewählten Verhältnissen sich ergeben. Nach Umständen wird man den einen oder anderen Fall einmal nachrechnen.

Die Rechnungen ergeben aber, wenn man sie auf vorliegende Ausführungen anwendet, dass vielfach zu enge Querschnitte gegenüber der Wärme abgebenden Fläche gewählt werden; sie geben auch Auskunft darüber, welche Aenderungen vorzunehmen sind, um günstige Werthe der Temperaturen benutzen zu können; sie lassen endlich den Werth der in Art. 327 u. 333 (S. 299, bezw. 316) erwähnten Schrägrippen erkennen.

338. Berechnung der Heizflächen.

Man ersieht aber gleichzeitig aus dem Rechnungsverfahren, dass die Luft auf etwa vorhandene, verschiedenartige Luftwegs-Querschnitte eines Wärmestrahlers, bezw. zwischen diesem und dem Mantel oder der Heizkammerwand liegende Luftwege, im Verhältniss zu der Leistungsfähigkeit der betreffenden Heizflächen vertheilt werden müsse [214]).

Nach den gegebenen Erörterungen kann ich mich bezüglich der Heizflächenberechnung kurz fassen. Man versteht unter der Heizfläche der Dampf- und Wasserheizungen immer diejenige, welche von der Luft bespült wird. Für glatte Heizflächen wählt man bei Wasserheizungen zwischen $k = 13$ bis 20, je nachdem die Heizflächengrösse die vom Wasser berührte Flächengrösse mehr oder weniger überwiegt, bezw. je nachdem die Heizflächen für die Luftbespülung weniger oder mehr günstig liegen. Eben so wählt man bei Dampfheizungen k zwischen 11 bis 18.

Die Wärmeabgabe gerippter Flächen ist, wie in Art. 315 (S. 288) bereits angedeutet, nur unsicher zu bestimmen. Wenn die Bespülung der betreffenden Flächen eine günstige ist, insbesondere auch der Querschnitt der von den Rippen gebildeten Canäle, bezw. die Menge der sie durchfliessenden Luft mit der Leistungsfähigkeit der Flächen im Einklange steht, so darf man für die Sohlen der Canäle das Gleiche rechnen wie für glatte Wände, für die Rippenflächen aber 0,3 bis 0,45 der betreffenden Werthe.

Beispiele. Ein Warmwasser-Heizofen mit nur äusserer Heizfläche stehe frei in einem auf 20 Grad zu erwärmenden Raume. Es sei $T_1 = 90$ Grad, $T_2 = 60$ Grad, $k = 16$; alsdann wird die Heizfläche

$$F = \frac{W}{k}\,\frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} = \frac{W}{880}.$$

Der Ofen befinde sich in einem Mantel und werde von der Luft sehr günstig bespült, habe über-

214) Diese Auffassung wurde in der »Zeitschr. f. techn. Hochschulen 1879, Heft 1« zuerst von mir veröffentlicht, hiernach von *Weiss* ausführlicher behandelt in: Kritische Bemerkungen über die für Wasserheiz-Anlagen angewendeten Berechnungsmethoden und die Minimalgrösse der Röhrenoberfläche einer Wasserheizung etc. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 150, 173.

haupt faſt gleiche Flächen für die Waſſer- und Luftberührung, ſo daſs $k = 19$ geſetzt werden darf; t_2 ſei $= 40$ Grad. Man erhält dann

$$F = \frac{W}{855}.$$

Dem Ofen werde nur friſche Luft zugeführt; die niedrigſte Temperatur derſelben ſei $t_1 = -20$ Grad; es iſt dann

$$F = \frac{W}{1235}.$$

Endlich befinde ſich der Ofen in einem Mantel, welcher der Luftbewegung viele Widerſtände bietet, und beſtehe aus einer Röhrenſchlange, die ziemlich enge Windungen hat, ſo daſs $t_2 = 70$ Grad, $k = 13$ genommen werden muſs. Im Uebrigen ſei wie immer $T_1 = 90$ Grad, $t_1 = 20$ Grad, T_2 aber (wegen enger Röhrenleitung) $= 40$ Grad. Dann entſteht

$$F = \frac{W}{260}.$$

Dieſe wenigen Beiſpiele ergeben den ungemeinen Einfluſs der Temperaturen auf die Leiſtungsfähigkeit, beweiſen alſo, daſs ſog. Fauſtrechnungen für den vorliegenden Gegenſtand nicht geeignet ſind.

Literatur

über »Waſſerheizung und Waſſer-Luftheizung«.

The hiſtory of heating by hot water. Builder, Bd. 3, S. 67.

Von der Waſſercirculation als Mittel zur Heizung und Lüftung öffentlicher Gebäude. Allg. Bauz. 1853, S. 3.

TASKER. Sich ſelbſt regulirender Waſſerofen. *Civ. eng. and arch. journ.* 1855, S. 288.

BEYER. Ueber Anlage von Warmwaſſer-Heizungen. Zeitſchr. f. Bauw. 1857, S. 11.

HAAG, J. Neues Syſtem für Heiſswaſſer-Heizung und Ventilation in Wohngebäuden und öffentlichen Anſtalten. ROMBERG's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1858, S. 193.

LOHSE. Warmwaſſer-Heizung in Privatwohngebäuden. Zeitſchr. f. Bauw. 1860, S. 624.

RIDDELL. Ofen und Keſſel für Warmwaſſer-Heizung. Polyt. Centralbl. 1861, S. 1046.

HAAG. Ueber Heiſswaſſer-Heizungen und Ventilation. Polyt. Journ., Bd. 163, S. 50.

HAAG. Der Brennmaterialverbrauch bei der Heiſswaſſer-Heizung im Vergleich mit der Ofenheizung. Polyt. Journ., Bd. 165, S. 425.

SCHMIDT. PURNELL's neue Anordnung der Waſſerheizungsanlagen. Polyt. Journ., Bd. 166, S. 256.

CLARKE. Keſſel oder Apparat für Waſſerheizung. *Engineer,* Bd. 14, S. 155.

KLOTZBACH, J. Beſchreibung eines Warmwaſſer-Heiz-Apparates in der Strafanſtalt zu Brieg. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1863, S. 285, 405.

Die Anlage von Warmwaſſer-Heizungs-Apparaten in öffentlichen und Privat-Gebäuden. ROMBERG's Zeitſchr. f. prakt. Bauk. 1863, S. 115.

SONNENSTEIN. Warmwaſſer-Heizung, Anlage, Koſten und Reſultate. Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 283.

BÖCKMANN. Ueber Warmwaſſer-Heizung. Zeitſchr. f. Bauw. 1867, S. 433.

BÖCKMANN. Ueber Heiſswaſſer-Heizung. Zeitſchr. f. Bauw. 1867, S. 434.

Anwendung der Heiſswaſſer-Heizung nach LONGBOTTOM & EASTWOOD. Polyt. Centralbl. 1867, S. 383.

Ueber Warmwaſſer-Heizung. Deutſche Bauz. 1867, S. 415, 423.

CERBELAUD. *Calorifère à air chaud et à eau chaude. Nouv. annales de la conſt.* 1867, S. 147.

Warmwaſſer-Heizung. Brennmaterial-Bedarf im Rathhauſe zu Berlin. Deutſche Bauz. 1868, S. 124.

WEISS. Die vortheilhafteſten Temperaturverhältniſſe und Dimenſionen der Waſſerheizung. Allg. Bauz. 1868—69, S. 395.

HAAG, J. Anlage für Heiſswaſſer-Heizung der Lazarethbaracken. Deutſche Viert. f. öff. Geſundheitspfl. 1869, S. 281.

Vortheilhafte Temperatur-Verhältniſſe und Dimenſionen der Waſſerheizung. Deutſche Bauz. 1870, S. 350.

Ueber Heiſswaſſer-Heizung. Maſchin.-Conſtr. 1870, S. 210, 229.

HENSE. GRANGER & HYAN's Röhrenkeſſel für Waſſerheizungen. Polyt. Centralbl. 1870, S. 1667.

Warmwaſſer-Heizung. Röhren-Keſſel. Deutſche Bauz. 1870, S. 354.

FISCHER, H. Ueber Warmwaſſer-Heizung. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1872, S. 217.

MEYER, F. Die Warmwaffer-Heizung von SAN GALLI in St. Petersburg. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 239.
GRANGER & HYAN's Wafferheizmethode. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 23.
GRANGER & HYAN. Wafferheizmethode mit Schüttkeffeln. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 217.
Heifswaffer-Heizung mit Glycerinfüllung. Deutfche Bauz. 1873, S. 7.
JÄGER. Ein neuer Heifswaffer-Ofen. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1873, S. 243.
DENNIS' Füllofen für Heifswafferheizungen. Polyt. Journ., Bd. 214, S. 287.
LIEBELT. Wafferheizkeffel. Mafchin.-Conftr. 1875, S. 345.
RÖSICKE, H. Wafferheizung für kleine Anlagen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1876, S. 31.
SCHINZ. Conftruction der PERKINS'fchen Wafferheizung. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 68, 97, 210, 331, 439, 480.
FISCHER, H. Heizkeffel für Warmwafferheizungen. Polyt. Journ., Bd. 221, S. 423.
Ueber PERKINS Hochdruckwafferheizung. Mafchinenb. 1876, S. 349.
BURR. *Heating building with hot water. Scientific American*, Bd. 32, S. 290.
JASPER. Wafferheizapparat. Polyt. Zeitg. 1877, S. 5.
BACON's Heifswafferapparat für Heizung und Ventilation. Mafchinenb. 1877, S. 385. Mafchin.-Conftr. 1877, S. 355.
LIEBAU. Combinirter Warmwaffer-Heiz- und Kochapparat mit Contactfeuerung. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1878, S. 314.
WRIGHT's Heifswafferkeffel. Mafchin.-Conftr. 1878, S. 293.
Neuer Wafferheizkeffel mit ftehenden Röhren (Thermofiphon) und Schüttfeuerung von BERGER & BARILLOT zu Moulins. Rohrleger 1878, S. 193.
LÜNING, F. Warmwaffer-Heizapparat, genannt Kreuz-Mantel-Keffel. Rohrleger 1878, S. 252.
Niederdruck-Wafferheizung. Rohrleger 1878, S. 305.
Englifche Heifswafferapparate. Rohrleger 1878, S. 313.
Amerikanifcher Heifswaffer-Apparat. Rohrleger 1878, S. 314.
Mitteldruckheizung. Rohrleger 1878, S. 324.
Hochdruckheizung, Heifswaffer-Heizung. Rohrleger 1878, S. 324.
MEYER, R. O. Heizapparat für Heifswaffer-Heizung. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 103.
Feuerung für Heifswaffer-Heizung von FISCHER & STIEHL. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 372.
Warmwaffer-Heizapparat. Mafchinenb. 1879, S. 18.
MEYER, R. O. Neue Ofen-Conftruction für Heifswaffer-Heizungen. Deutfche Bauz. 1880, S. 164.
LIEBAU. Combinirter Warmwaffer-Heizapparat. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1880, S. 70.
PESCHLOW, L. Verbefferung an Heizkeffeln für Warmwaffer-Heizungen. Rohrl. u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 52.
Water-heating apparatus. Iron, Bd. 16, S. 129.
HAUSER. Zur Theorie der Heifswaffer-Heizungen. Gefundh.-Ing. 1881, S. 61.
Improved mode of warming and ventilating. Builder, Bd. 39, S. 54.
PLANAT, P. *Chauffage par l'eau chaude. La femaine des conft.*, Jahrg. 4, S. 133, 193.
Einige Beobachtungsrefultate über Heifswafferheizung. Gefundh.-Ing. 1881, S. 332.
FISCHER & STIEHL. Berechnung der Circulationsgefchwindigkeit bei Wafferheizungen, insbefondere bei PERKINS-Heizungen. Gefundh.-Ing. 1881, S. 373, 393.
MEYER, R. O. Neue Röhren-Heizapparate für Wafferheizung. Deutfche Bauz. 1881, S. 423.
FAWKES, F. A. *Hot water heating on the low preffure fyftem etc.* London 1882.
MEYER, R. O. Verbefferter Heifswafferapparat. Deutfches Baugwksbl. 1882, S. 29.
LINDENHEIM, M. Ueber einige eigenthümliche Erfcheinungen an Heifswaffer-Heizungen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 601.
Das PESCHLOW'fche Warmwaffer-Heizungsfyftem. Gefundh.-Ing. 1884, S. 161.
EINBECK, J. Theorie der Heifswafferheizung. Stuttgart 1887.
BALDWIN, W. J. *Hot water, heating and fitting, or warming buildings by hot water etc.* London 1889.

Literatur

über »Dampf-, Dampfwaffer- und Dampf-Luftheizung«.

GLUCSAK, G. Dampfheizung. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1860, S. 225.
Dampfheizungen von verzinntem Eifenblech. Polyt. Journ., Bd. 165, S. 75.
LEWIS & VAUX. Zimmerheizung durch Dampf. *Scientific American*, Bd. 4, S. 196.
Ueber Dampfheizungsanlagen. *Scientific American*, Bd. 4, S. 283.

WIEDENFELD. Dampfheizung. Polyt. Centralbl. 1865, S. 97.
WEISS. Die vortheilhafteften Temperaturverhältniffe der Dampfheizung. Allg. Bauz. 1868—69, S. 410.
SULZER's combinirte Dampf- und Wafferheizung. Mafchin.-Conftr. 1869, S. 67.
KLEIN, J. Ueber Dampfheizungen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 745. Polyt. Centralbl. 1873, S. 226. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1873, S. 155.
Das combinirte Dampf- und Warmwaffer-Heizfyftem. Mafchin.-Conftr. 1874, S. 322.
Les appareils de chauffage du nouveau collège Rollin. Gaz. des arch. et du bât. 1875, S. 155.
KIDD's *method of heating buildings. Iron,* Bd. 5, S. 73.
LAPORTE-MOTZ'fcher Condenfationsapparat für Dampfcentralheizungen. Polyt. Journ., Bd. 221, S. 309.
KAFER. DE LACY, verbefferter Dampfheizapparat für Wohnräume. Mafchinenb. 1876, S. 203.
Dampf-Wafferheizung (Syftem SULZER). Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1877, S. 541.
Chauffage à la vapeur aux États-Unis. Gaz. des arch. et du bât. 1877, S. 152.
Luftheizung mittels Dampfröhren. Mafchinenb. 1878, S. 324.
Dampfheizung. Rohrleger 1878, S. 340.
Dampf-Wafferheizung. Rohrleger 1878, S. 371.
Befchreibung eines Dampfwaffer-Heizofens nach neuer Conftruction. Von Gebr. SULZER in Winterthur. Bayer. Ind.- u. Gwbebl. 1878, S. 290.
KÄUFFER's Dampf-Ofen mit veränderlicher Heizfläche. Deutfche Bauz. 1879, S. 266.
FISCHER, H. Ueber Dampf-Wafferöfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 34.
FISCHER, H. Ueber Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.
INTZE. Gröfsere Central-Dampfheizungen der Neuzeit. Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 377.
FISCHER, H. Vorrichtungen zur Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 177.
FISCHER. Ueber Mittel zur Regelung der Temperaturen bei Dampföfen. Deutfche Bauz. 1880, S. 46.
HOLLY's Syftem der Dampfheizung. Mafchinenb. 1880, S. 35.
Welche Vortheile ergeben fich aus der Bedeckung von Dampfleitungsröhren etc. mit Korkholz. Mafchinenb. 1880, S. 379.
Ift es beffer ein Dampfheizungsfyftem, wenn kalt, luftleer oder luftvoll zu haben. Gefundh.-Ing. 1880, S. 246.
Befchreibung der patentirten Niederdruck-Dampfheizung mittels Thermophoren. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 611.
BALDWIN, W. J. *Steam heating for buildings etc.* London 1881. New-York 1882.
BRECHT. Dampfheiz-Anlagen in Kirchen. Deutfche Bauz. 1882, S. 607.
Dampfwafferöfen der Univerfitäts-Frauen-Klinik zu Berlin. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 317.
Central-Niederdruck-Dampfheizung mit felbftthätiger Regulirung. Syftem BECHEM & POST in Hagen i. W. Gefundh.-Ing. 1882, S. 381.
BRIGGS, H. *Steam heating etc.* New-York 1883.
Die Ausführung von Dampfheizungen in Amerika. Gefundh.-Ing. 1883, S. 529.
Niederdruck-Dampfheizung, Syftem BECHEM & POST. Deutfche Bauz. 1884, S. 145.
Patent-Niederdruck-Dampfheizung mit Selbftregulirung (Syftem BECHEM & POST). Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 152.
MARTINI, H. Ventilations-Heizung mit Central-Selbftregulirung etc. Chemnitz 1885.
Chauffage à vapeur d'un grand établiffement induftriel. Portef. économ. des machines 1885, S. 2.
BÖCK, F. Die wirklichen Betriebskoften bei der Hoch- und Niederdruck-Dampfheizung etc. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 77.
EINBECK. Zentral-Niederdruck-Dampfheizung für Wohnhäufer. Gefundh.-Ing. 1886, S. 148.
Neuerungen auf dem Gebiete der Dampfniederdruck-(Niederdruckdampf-)heizungen. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 163; 1890, S. 37.

11. Kapitel.

Abkühlung der Luft.

a) Mittel zur Abkühlung.

339. Benutzung der Erdtemperatur.

Das fcheinbar am nächften liegende Mittel befteht in der Benutzung der Erdtemperatur. Diefelbe liegt zwifchen der Sommertemperatur und derjenigen des Winters; fie ift wegen der Fähigkeit der Erde, des in ihr befindlichen Grundwaffers u. f. w., grofse Wärmemengen aufzufpeichern, im Sommer niedriger, im Winter höher als im Freien. Führt man fonach die warme Sommerluft fo tief und weit durch Erde oder Felfen, dafs eine entfprechend grofse Berührungsfläche vorhanden ift, fo gelingt die Kühlung ohne Schwierigkeit. Es ift hierbei jedoch nicht zu überfehen, dafs vermöge diefes Verfahrens die Erdtemperatur wefentlich rafcher der Temperatur des Freien fich nähert, alfo im Sommer die niedrige mittlere Temperatur der Erde rafcher einer höheren weicht, als wenn der Wärmeaustaufch nur durch die Erdoberfläche ftattfindet. Die betreffenden Erdflächen nehmen, wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Erde, wenn letztere trocken ift, verhältnifsmäfsig rafch eine höhere Temperatur an, wodurch die Leiftungsfähigkeit des Verfahrens fehr bald wefentlich beeinträchtigt wird.

Man benutzt Brunnen, Keller, ausgedehnte im Kellergefchofs befindliche Luftleitungs-Canäle in diefem Sinne, erreicht hierdurch aber im Durchfchnitt nur eine geringe Kühlung, die aufserdem fehr wenig gefichert, durch Rechnung nicht beftimmbar ift.

340. Kühlung durch Waffer.

Fifcher & Stiehl in Effen haben fich das Verfahren patentiren laffen[215]), das Grundwaffer durch Röhren zu leiten, längs deren Oberflächen die zu kühlende Luft ftreicht. Daffelbe hat gegenüber dem Verfahren, welches die kühleren Erdflächen, bezw. Kellergefchofswände benutzt, offenbar den Vortheil, dafs wefentlich gröfsere Erd- und Grundwaffermaffen zum Wärmeaustaufch herangezogen werden können. Beide Verfahren — das letztgenannte, wie das vorhin angeführte — können während des Winters zu einer theilweifen Vorwärmung der Luft benutzt werden.

Die Kühlung durch anderes, z. B. Leitungswaffer, welches durch Röhren ftrömt, ift vom *Fifcher & Stiehl*'fchen Verfahren nur in fo weit unterfchieden, als die Temperatur des Waffers näher bekannt, das Waffer faft an jedem Orte verwendbar, dabei aber, in gröfseren Mengen benutzt, viel theuerer ift.

Man hat die Kühlung durch Waffer in der Geftalt vorgefchlagen, dafs die Luft ohne eine vermittelnde Zwifchenwand, alfo unmittelbar, ihre Temperatur mit derjenigen des Waffers ausgleicht, und hierbei in zwei Richtungen eine Wirkung erwartet. Die Einen wollen lediglich durch Erwärmen des Waffers der Luft Wärme entziehen. Sie laffen daher das Waffer in mehreren, über einander liegenden Canälen allmählig nach unten fliefsen, während die Luft über dem Wafferfpiegel und unter der nächft höheren Canalfohle entlang allmählig nach oben getrieben wird, gerade entgegengefetzt, wie dies beim *Schinz*'fchen Waffererwärmer (Fig. 298, S. 309) der Fall ift, oder fie drücken die Luft geradezu durch das Waffer (vergl. Art. 157, S. 145, *Lacy* und *Vogt*), oder endlich, fie laffen das Waffer in Geftalt eines feinen Regens in die Luft fallen. Die zuletzt genannten beiden Verfahren ge-

---

215) D. R.-P. Nr. 121.

ftatten keinen Gegenftrom, verlangen fomit grofse Waffermengen und follen defshalb keine weitere Beachtung finden.

Die Anderen erwarten von der Verdunftung des Waffers die Kühlung der Luft. Sie machen fich hierbei des Irrthumes fchuldig, dafs die Luft immer geneigt fei, Waffer zu verdunften, während doch mit zunehmender Abkühlung der Sättigungsgrad der Luft zunimmt, fonach in vielen Fällen eine Verdichtung des Waffers eintreten mufs, alfo eine Entbindung der Wärme eintritt. Für Länder, denen bei höherer Temperatur fehr trockene Luft eigen ift, kann vielleicht die Wafferverdunftung in befcheidenem Grade wirkfame Hilfe gewähren; um die Wirkung zu fichern, wird man jedoch das künftliche Trocknen der Luft zu Hilfe nehmen müffen [216].

341.
Kühlung
durch
Eis.

Die Kühlung durch Eis ift in fo fern mit der zu Eingang diefes Kapitels genannten Kühlung verwandt, als die Winterkälte im Eife aufgefpeichert ift. Im Uebrigen ift die Kühlung durch Eis recht wohl verwendbar, da der Rohftoff Handelswaare geworden ift. Durch Schmelzen zu Waffer von 0 Grad bindet das Eis 80 Wärmeeinheiten; läfft man das Waffer der zu kühlenden Luft entgegenftrömen, fo kann man in vielen Fällen daffelbe durch diefe auf 20 Grad fich erwärmen laffen, fo dafs auf Bindung von 100 Wärmeeinheiten durch 1 kg Eis gerechnet werden kann. Wenn noch bemerkt wird, dafs 1 cbm aufgehäuften Eifes etwa 800 kg wiegt, fo ift erfichtlich, welche Eismengen und welcher Raum für eine gröfsere Kühl-Anlage erforderlich find. Die Eisftücke laffen im Haufen zahlreiche Oeffnungen frei, durch welche die Luft zu ftrömen vermag, fo dafs eine grofse, nicht von vornherein beftimmbare Kühlfläche entfteht. In den Eiskellern der Brauereien pflegt man daher das Eis zufammenfrieren zu laffen, um der Luft nur die Oberfläche des fo gebildeten, gewaltigen Eisklumpens darzubieten [217]. Des Preifes halber dürfte für die Luftkühlung das künftliche Eis nicht in Frage kommen, wohl aber unter Umftänden die Mittel, welche zur künftlichen Erzeugung des Eifes dienen [218].

342.
Kühlung
verdichteter
Luft.

Von denfelben foll hier nur der Ausdehnung vorher verdichteter und hierauf gekühlter Luft gedacht werden.

Nach *Poiffon* ift, wenn t_1 die Anfangs-, t_2 die End-Temperatur trockener Luft bezeichnet, die von der Spannung p_1 auf die Spannung p_2 verdichtet wird,

$$\frac{273 + t_2}{273 + t_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0{,}29} \quad \quad 184.$$

Feuchte Luft verhält fich ein wenig anders; jedoch ift die Abweichung gering, wefshalb fie hier vernachläffigt werden kann. Läfft man die Luft von der höheren Spannung p_2 auf die kleinere p_1 fich ausdehnen, fo ift die entftehende Temperaturabnahme nach derfelben Formel 184 zu berechnen.

Beifpielsweife werde Luft von 30 Grad Temperatur und atmofphärifcher Spannung (etwa 10 000 kg auf 1 qm) auf 15 000 kg Spannung für 1 qm verdichtet, fo dafs nach Gleichung 184

$$\frac{273 + t}{273 + 30} = \left(\frac{15\,000}{10\,000}\right)^{0{,}29} \quad \text{oder} \quad t_2 = 67{,}8 \text{ Grad}$$

---

216) Vergl.: DESOLLIERS, H. Bau der Häufer warmer Länder. Paris 1883 — ferner: *Annales induftr.* 1883, S. 559. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 304.

217) Vergl. auch Theil III, Bd. 6 (Abth. 5, Abfchn. 3, Kap. 3: Befondere Conftructionen für Eisbehälter) diefes »Handbuches«.

218) FISCHER, F. Ueber die Herftellung von Eis. Polyt. Journ., Bd. 224, S. 165.
SCHÖTTLER. Eismafchinen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 549; 1884, S. 130, 697, 722, 738.
FISCHER, F. Ueber die Verwendung von Kälte. Zeitfch. f. angewandte Chemie 1888, S. 7.
SCHWARZ, A. Die Eis- und Kühlmafchinen etc. München 1888.
BEHREND, G. Eis- und Kälteerzeugungs-Mafchinen etc. 2. Aufl. Halle 1888.

wird. Kühlt man diefe verdichtete Luft durch irgend ein Mittel bis auf 40 Grad ab, ohne die Spannung zu ändern, und läfft man diefelbe hierauf bis zur atmofphärifchen Spannung fich ausdehnen, fo erhält man, da nunmehr $t_1 = 40$ Grad ift,

$$\frac{273 + t_2}{273 + 40} = \left(\frac{10\,000}{15\,000}\right)^{0,29} \quad \text{oder} \quad t_2 = 5{,}28 \text{ Grad.}$$

Offenbar ift es weit leichter, die Luft von 67,8 Grad auf 40 Grad, als von 30 Grad auf 5,28 Grad abzukühlen; aus diefem Grunde dürfte das erwähnte Verfahren oft gut zu verwenden fein.

Für befcheidene Anfprüche läfft fich der innerhalb kürzerer Zeit ftattfindende Temperaturwechfel des Freien, insbefondere der Temperatur-Unterfchied der Nachtzeit gegenüber demjenigen des Tages, benutzen.

In diefem Sinne veranlafft man einen lebhaften Luftwechfel innerhalb der betreffenden Räume während der Nacht, fucht aber am Tage den Wärme-Zutritt möglichft zu verhüten, fo dafs die Kälteauffpeicherung in den Wänden zum Niedrighalten der Temperatur genügt, oder man bringt gröfsere Speicher (die aus Mauerwerk oder auch ausgedehnten Wafferbehältern beftehen können) in den Luftkammern, bezw. Luft-Canälen an, fo dafs hier während der wärmeren Tagesftunden Wärme gebunden, in der Nacht aber durch möglichft lebhafte Luftftröme die aufgefpeicherte Wärme abgeführt wird.

343.
Wärme-entbindung durch Dampf-verdichtung.

In Art. 140 bis 145 (S. 132 u. 138) wurden die nöthigen Unterlagen für die Verfolgung des Sättigungsgrades der Luft während einer Temperaturänderung gegeben, auch fchon erwähnt, dafs man bei Kühlung der Luft an ein Mittel zum Trocknen derfelben denken müffe. Hierauf werde ich unten noch zurückkommen. Ein hiermit zufammenhängender Umftand, nämlich die Entbindung von Wärme bei Verdichtung des Dampfes, erfordert fofort ein näheres Eingehen. Nach *Claufius* werden bei 10 Grad rund 600 Wärmeeinheiten gebunden, wenn 1 kg Waffer in Dampf derfelben Temperatur verwandelt wird. Diefelbe Wärmemenge wird felbftverftändlich frei, fobald der Dampf wieder in Waffer verwandelt wird. Es mufs daher nicht allein für die Kühlung der Luft Wärme gebunden werden, fondern auch für die Verdichtung des Wafferdampfes. Der erftgenannte Theil der gefammten, durch das Kühlverfahren zu befeitigenden Wärme ift leicht zu beftimmen; er beträgt 0,24 Wärmeeinheiten für 1 kg Luft und für jeden Grad Temperaturerniedrigung. Der zweite Theil ift abhängig vom zufälligen Sättigungsgrade der zu kühlenden Luft.

Da eine Kühl-Anlage insbefondere bei Sättigung der Luft, bei fchwülem Wetter ficheren Erfolg haben foll, fo wird man bei Berechnung der zu bindenden Wärmemenge regelmäfsig diefen ungünftigften Fall zu Grunde legen und nur in befonderen Fällen anders verfahren. Aus der Tabelle auf S. 133 ift die zu verdichtende Dampfmenge leicht zu entnehmen.

Beifpielsweife möge eine gefättigte Luft, deren Temperatur 25 Grad beträgt, zur Verwendung kommen; fie folle auf 5 Grad abgekühlt werden. Alsdann ift für je 1 kg der Luft die Wärme zu binden:

$$20 \cdot 0{,}24 + (19{,}6 - 5{,}2)\, 0{,}6 = 4{,}8 + 8{,}64 = 13{,}44 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Es ift fomit die für die Verdichtung des Dampfes zu bindende Wärmemenge nahezu doppelt fo grofs, als diejenige, welche die eigentliche Luftkühlung erfordert.

b) Verwendung der Mittel.

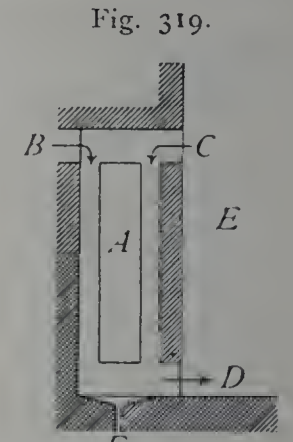
344.
Kühlkammern.

Der jedenfalls recht unangenehmen Kälteftrahlung halber wird man die abzukühlenden Flächen meiftens fo anbringen, dafs die Strahlung derfelben Menfchen nicht treffen kann. Es wird daher in der Regel die Kühlung der Luft in befon-

deren Kammern erfolgen müffen. Die erforderliche Bewegung der Luft kann wieder durch den Auftrieb — der hier negativ wirkt — erfolgen, welchen die Temperaturänderung hervorruft, oder durch Gebläfe und Lockfchornfteine. Bei Verwendung kalten Waffers bewirkt der Auftrieb auch das Emporfteigen des Waffers.

Fig. 319 verfinnlicht die Anordnung einer Kühlkammer, in welcher der Körper A entweder einen mit Eis gefüllten Korb oder ein Gefäfs, bezw. eine Röhrenfchlange bezeichnet, durch welche das Kühlwaffer von unten nach oben fliefst. Die Luft des Freien ftrömt bei B ein (Kühlung mit Lüftung), oder die Luft des zu kühlenden Raumes E gelangt durch C in die Kühlkammer (Kühlung mit Umlauf) und ftrömt durch D in den Raum. Bei F entweicht das in einer Vertiefung fich fammelnde Niederfchlagswaffer.

Fig. 319.



Die Berechnung der Abmeffungen einer folchen Anordnung findet nach denfelben Grundfätzen ftatt, welche für die Berechnung der Heizung genannt find.

Beifpielsweife werde die Aufgabe geftellt, die Temperatur des Raumes E gleich derjenigen des Freien = 25 Grad zu halten, während 100 Männer in E fich befinden. Die Einfchliefsungsflächen mögen diefelbe Temperatur haben, alfo ein Beharrungszuftand eingetreten fein. Die 100 Menfchen entwickeln ftündlich (nach Art. 99, S. 95) 100 . 100 = 10 000 Wärmeeinheiten und verdunften (nach Art. 129, S. 126) 100 . 100 = 10 000 g = 10 kg Waffer. Es follen für jeden Mann ftündlich 30 kg, alfo zufammen 3000 kg Luft zugeführt werden. Damit diefe Luftmenge die von den Menfchen abgegebene Wärmemenge bindet, mufs ihre Anfangs-Temperatur t_1 = 25 Grad auf die Temperatur t_2 gebracht werden, wobei

$$(t_1 - t_2)\, 0{,}24 \cdot 3000 = 10\,000$$

oder

$$t_2 = 11{,}1 = \backsim 11 \text{ Grad.}$$

Die als gefättigt angenommene Luft verliert hierbei (nach Art. 145, S. 139) (19,6 — 7,9) 3000 = 32 100 g oder 32,1 kg Waffer, wodurch 32,1 . 600 = 19 260 Wärmeeinheiten frei werden. Die Kühl-Vorrichtung hat fomit 10 000 + 19 260 = 29 260 Wärmeeinheiten ftündlich zu binden. Wird $k = 15$ und ferner angenommen, dafs das Kühlwaffer die Anfangs-Temperatur 10 Grad und die End-Temperatur 20 Grad hat, fo berechnet man die erforderliche Kühlfläche in gewöhnlicher Weife zu

$$F = \frac{29\,260}{15} \; \frac{2}{(11 + 25) - (10 + 20)} = 650 \text{ qm.}$$

Man fieht alfo, dafs trotz der Verwendung fehr kalten Waffers aufserordentlich grofse Kühlflächen erforderlich find.

Jedes Kilogramm der gekühlten Luft enthält 7,9 g Wafferdampf, fomit die gefammte, ftündlich einftrömende Luft 23 700 g. Hierzu kommen die 10 000 g, welche die Menfchen verdunften, fo dafs je 1 kg der im Raume auf 25 Grad wieder erwärmten Luft 11,2 g enthält, d. h. zu 57 Procent gefättigt ift.

Würde man von einer Lufterneuerung abfehen, fo würden nur die 10 kg von den Menfchen abgegebenen Wafferdampfes zu verdichten, alfo hierfür nur 600 . 10 = 6000 Wärmeeinheiten erforderlich fein, fo dafs die Kühlfläche nur etwa halb fo grofs, als vorhin berechnet, zu fein brauchte. Die zum Kühlen erforderliche Waffermenge ift im erften Falle $\frac{29\,260}{10}$ = 2926 Kilogr. oder Liter, im anderen Falle 600 Liter ftündlich.

Gelegentlich der Preisbewerbung, betr. die Heizungs- und Lüftungs-Anlage für das neue Reichstagshaus zu Berlin wurde von zwei Bewerbern angegeben[219]), dafs die Wärmebindung naffer Kühlflächen erheblich gröfser fei, als diejenige trockener, ja geradezu ausgefprochen, dafs die gleiche Luftmenge von einer und derfelben Kühlfläche in gleichem Grade gekühlt werde, wenn aus derfelben Waffer niedergefchlagen werde oder nicht. Die Richtigkeit diefer Angabe ift wahrfcheinlich; beftätigt fich

219) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 762.

dieselbe, so darf man die Kühlflächen entsprechend kleiner wählen. Die erforderliche Kühlwassermenge wird natürlich hierdurch nicht beeinflusst.

345. Kühlröhren.

In Art. 160 (S. 149) wurde bereits auf die Schwierigkeiten hingewiesen, welche entstehen, wenn man einem Raume Luft zuführt, welche kälter ist, als die in ihm befindliche Luft. Sie treten natürlich auch ein, wenn man die Luft des Raumes nur den Kühlflächen entlang führt.

Der Umstand, dass die kühlere Luft aus der Kühlkammer (Fig. 319) über den Fussboden, also gegen die im gekühlten Raume befindlichen Menschen fliesst und diese dabei belästigt, zwingt, wenn die Luftkühlung eine weitergehende ist, zur Anwendung besonderer Mittel, welche dahin zielen, die betreffenden Luftströmungen thunlichst hoch zu legen und möglichst zu vertheilen.

Dahin gehört die Vertheilung der eine kalte Flüssigkeit (Wasser oder mittels Kältemaschine gekühlte Chlorcalcium-Lösung oder dergl.) führenden Röhren unter der Decke. Sie erfordert die Anbringung von zur Aufnahme des Tropfwassers geeigneten Rinnen. Das Tropfwasser ist leichter unschädlich zu machen, wenn man die Röhrenvertheilung an den Wänden vornimmt. Endlich wird diesem Zwecke durch Vertheilung der Oeffnungen, durch welche die gekühlte Luft in den betreffenden Raum tritt, gedient.

Den Ausstellungsraum, welchen das französische Ministerium für öffentliche Arbeiten gelegentlich der 1878-er Weltausstellung zu Paris für seine Zwecke errichten liess, lüftete man, indem verhältnissmässig kühle Luft mittels Gebläses unter den Fussboden gedrückt wurde, die sich unter diesem verbreitete, hinter der ringsum laufenden Holzschalung nach oben stieg, und über den oberen Rand der letzteren in den Raum floss. Auf diese Art wurde ein Theil der im Raume entwickelten Wärme durch Vermittelung des Fussbodens und der Holzschalung an die kühle Luft abgegeben, so dass diese mit höherer Temperatur in den Raum trat [220].

Literatur

über »Abkühlung der Luft«.

MORIN. *Procédés à employer pour rafraîchir l'air destiné à la ventilation. Nouv. annales de la const.* 1865, S. 125.

GENESTE. *De la ventilation dans les pays chauds au moyen d'air refroidi.* Paris 1873.

FISCHER & STIEHL. Verfahren zur Kühlung und Vorwärmung der Luft mit Hilfe der Erdwärme. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 187.

FISCHER. Zimmer-Kühlapparat. Wochschr. des Ver. deutsch. Ing. 1878, S. 411.

Ventilation. Abkühlung der zuzuleitenden Luft. Eisenb., Bd. 9, S. 182.

FISCHER, H. Ueber die Kühlung geschlossener Räume. Deutsche Bauz. 1880, S. 198.

FISCHER, H. Ueber Kühlung geschlossener Räume, in welchen Menschen sich aufhalten. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 1. Rohrl. u. Gesundh.-Ing. 1880, S. 46.

Luft-Kühlapparat von OSCAR KROPFF in Nordhausen. Gesundh.-Ing. 1880, S. 261.

LIGHTFOOT, T. B. *On machines for producing cold air. Engng.*, Bd. 31, S. 194.

Lüftung unter Benutzung der Erdtemperatur. Gesundh.-Ing. 1881, S. 249.

Installation d'appareils réfrigérants à la morgue. Revue industr. 1881, S. 33.

KILBOURN, J. K. *Mechanical refrigeration. Engng.*, Bd. 32, S. 403, 427, 465.

SUFFIT, J. *Ventilation par refroidissement. Monit. des arch.* 1881, S. 67, 82, 100, 113, 129, 146, 161, 177. — Auch als Sonderabdruck erschienen: Paris 1882.

Das Leichenschauhaus in Paris. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 399.

Die Kühlung geschlossener Räume. Gesundh.-Ing. 1885, S. 507.

Das Leichenschauhaus in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 101. Baugwks.-Zeitg. 1886, S. 482.

---

[220] Vergl. auch das in Fussnote bereits genannte Kapitel dieses »Handbuches«, so wie auch in der 2. Auflage des gleichen Bandes das Kapitel über »Kühl-Anlagen«.

12. Kapitel.

Regelung der Wärme-Zufuhr, bezw. -Abfuhr.

a) Mittel zur Regelung.

346.
Einfachfte
Regelung.

Der gewöhnliche Stubenofen gewährt das rohefte Bild der Regelung: man bedient das Feuer fo, dafs durch deffen Wärmeentwickelung die gewünfchte, diejenige des Freien überragende Temperatur erhalten wird.

Der Vollftändigkeit halber mag angeführt werden, dafs Vorfchläge gemacht find, hinfichtlich der Kühlung ähnlich zu verfahren. Zu diefem Zwecke legt man Eis in folcher Menge in einen Korb, dafs die gewünfchte Kühlung eintritt. Das Schmelzwaffer kann noch durch eine Röhrenleitung geführt werden, um auch deffen fühlbare Kälte für den vorliegenden Zweck auszunutzen [221]).

347.
Heizung
mit
aufgefpeicherter
Wärme.

Die Umftändlichkeit, die mit folchem Verfahren, nach welchem die Bedienung jederzeit die Wärmeentwickelung, bezw. Wärmebindung durch Bemeffung des einzuführenden Brennftoffes, bezw. aufzulegenden Eifes zu regeln hat, führte zunächft zur Heizung mit aufgefpeicherter Wärme [222]), d. h. Wärmeentwickelung innerhalb verhältnifsmäfsig kurzer Zeit, Auffpeicherung der im Ueberfchufs entwickelten Wärme und Abgabe derfelben an den betreffenden Raum innerhalb längerer Zeit. Man erreichte damit gleichzeitig — vielleicht unabfichtlich —, dafs die Feuerftelle für diejenige ftündliche Brennftoffmenge benutzt werden konnte, welche ihren Abmeffungen entfprach.

348.
Gemauerte
und
Kachelöfen.

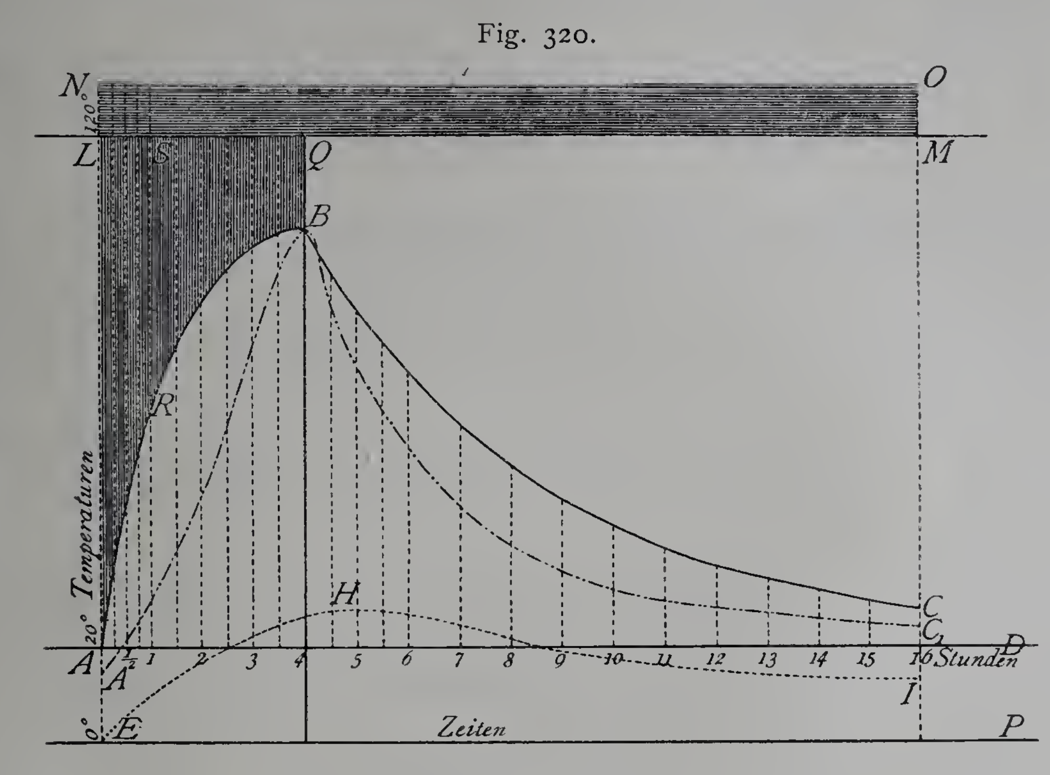
Als erfter Vertreter des Heizens mit aufgefpeicherter Wärme tritt uns der gemauerte Ofen, bezw. deffen hübfcherer Bruder, der Kachelofen, entgegen. Es ändert nichts an dem an diefem Orte in Frage kommenden Vorgange, ob der Ofen als gewaltiger Schacht mehrere Gefchoffe des Haufes durchbricht und dort Theile der Zimmerwände bildet — wie in Rufsland heute noch gebräuchlich — oder ob derfelbe in dem betreffenden Raume eine felbftftändige Stelle einnimmt oder in einer befonderen Heizkammer untergebracht ift: immer werden die Steinmaffen deffelben von innen durch das Feuer, bezw. den Rauch erwärmt und geben die aufgenommene Wärme, wegen der geringen Leitungsfähigkeit des Stoffes, nur allmählig an die umgebende Luft ab, fo dafs mehr oder weniger lange nach Aufhören der Wärmeentwickelung die Wärmeabgabe ftattfindet. Es ift diefer Vorgang zu vergleichen mit einer Thalfperre, welche die gewaltigen Waffermaffen eines ftarken Gewitters hindert, fofort in das Land fich zu ergiefsen, vielmehr den Abflufs des Waffers auf eine längere Zeitdauer vertheilt. Beim Sammelteiche finden fich aber Schütze, durch welche der Abflufs geregelt wird, während die Oberfläche des Ofens, durch welche die Wärme ausftrömt, frei in der Luft des Zimmers fich befindet. Die Wärmeabgabe fteht im geraden Verhältnifs zum Unterfchiede der Ofen- und Lufttemperatur, fo dafs die Wärmeabgabe in ähnlicher Weife fich ändert, wie der Wafferabflufs fich ändern würde, wenn man in jene Thalfperre einen lothrechten, von unten bis zur Krone reichenden unveränderlichen Schlitz behuf des Wafferabfluffes anbrächte. Bisher ift es nicht gelungen, das Gefetz, nach welchem die Aenderung der Wärmeabgabe Seitens des Kachelofens oder eines anderen dicken Körpers ftattfindet, durch Rechnung zu gewinnen; indeffen läfft fich durch Ueberlegung die Art des Verlaufes

---

[221]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 759.
[222]) Vergl.: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 35.

mit Sicherheit feft ftellen; die punktirte krumme Linie $A\ B\ C_1$ in Fig. 320 dürfte die Wärmeabgabe deffelben von B bis C_1 zutreffend wiedergeben. Sie läfft genügend erkennen, wie wenig gleichförmig die Wärmeabgabe fein mufs, in welch geringem Mafse die Heizung mittels eines recht dickwandigen Kachelofens, in welchem nur während verhältnifsmäfsig kurzer Zeit ein lebhaftes Feuer unterhalten wird, der Forderung eines gleichmäfsigen Warmhaltens zu genügen vermag. Diefe Thatfache tritt um fo mehr hervor, wenn man auch den punktirten Curventheil $A\ B$, welcher die Erwärmung des Ofens darftellt, mit in Betracht zieht.

Fig. 320.



Beachtet man, dafs die Temperatur des Freien wechfelt, fo kann man unter Umftänden zu dem Schluffe gelangen, dafs bei rechtzeitigem Anheizen der ungünftige Verlauf der Linie $A\ B\ C_1$ weniger fühlbar wird. Man hat die niedrigfte Temperatur des Freien, welche in der Regel früh Morgens eintritt, der höchften Temperatur des Ofens gegenüber zu ftellen, d. h. die Entzündung des Feuers fo zeitig ftattfinden zu laffen, dafs die höchfte Temperatur des Ofens mit der niedrigften Temperatur des Freien zufammenfällt. Alsdann nimmt die Temperatur des Ofens wenigftens in demfelben Sinne ab, wie der Wärmebedarf. Durch gefchickte Benutzung diefes Umftandes, durch zweckmäfsige Wahl der Verhältniffe würde man eine befriedigend gleichmäfsige Zimmer-Temperatur erhalten können.

Man kennt jedoch die eintretende Temperatur des Freien vorher nicht; man erzeugt defshalb in Wirklichkeit, trotz aller Sorgfalt, faft immer eine zu niedrige oder eine zu hohe Zimmer-Temperatur, fo dafs man im erften Falle früher, als beabfichtigt, das Feuern wiederholen, im letzteren Falle aber das Fenfter öffnen mufs, um den Aufenthalt im Zimmer erträglich zu machen.

Die Niederdruck-Wafferheizungen enthalten fo grofse Waffermengen, dafs fie lange nach Verlöfchen des wärmeentwickelnden Feuers noch zu heizen vermögen. Gleiches hat man durch die Dampfwafferheizung zu erreichen gefucht [223]).

349.
Dampfwafferöfen.

Man mufs vier verfchiedene Arten diefer Dampfwafferöfen unterfcheiden, nämlich:

1) Solche, die nur zum Theile mit Waffer gefüllt find, während der übrige Raum des Ofens vom zugeleiteten Dampf eingenommen wird und das Niederfchlagswaffer des letzteren zum Waffervorrath fliefst [224]).

---

223) Zuerft 1843 von GROUVELLE vorgefchlagen und 1849 ausgeführt nach: PÉCLET, E. *Traité de la chaleur.* 3. Aufl. Bd. III. Paris 1861. S. 182.

224) Siehe: Zeitfchr. f. Bauw. 1873, S. 449. — Polyt. Journ., Bd. 222, S. 8. — Gefundh.-Ing. 1881, S. 611, 13. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 436.

2) Solche, welche nur zum Theile mit Waffer gefüllt find, während ihr übriger Raum leer, und zwar möglichft luftleer ift; der aus der Leitung entnommene Dampf tritt nicht mit dem Waffer in unmittelbare Berührung und dient gröfstentheils dazu, um Dampf aus dem Waffer zu erzeugen, welcher nunmehr feine Wärme an die Luft abgiebt [225]).

Beide genannte Ofenarten können hier nicht weiter in Betracht kommen, da ihr Auffpeicherungsvermögen meiftens klein, ihr Verhalten aber der weiter unten genannten vierten Art gleich ift.

3) Solche Dampfwafferöfen, bei welchen die Wärme des Leitungsdampfes in einem befonderen Gefäfse, welches mit dem eigentlichen, ganz mit Waffer gefüllten Ofen oben und unten in Verbindung fteht, an das Waffer abgegeben wird, fo dafs das Waffer aus dem eigentlichen Ofen in das Erwärmungsgefäfs und von diefem wieder in den Ofen zurücktritt [226]).

Diefe Oefen find für viele Zwecke fehr gut zu verwenden; fie find aber wefentlich in der Abficht entworfen, die Regelung der Wärmeabgabe zu erleichtern; ihr Auffpeicherungsvermögen ift gering.

4) Endlich find befonders zu betrachten folche Oefen, die mit Waffer, welches Seitens des Leitungsdampfes erwärmt wird, ganz gefüllt find [227]).

Sie können ein nennenswerthes Auffpeicherungsvermögen erhalten, wefshalb fie ihrer Wirkung nach näher befprochen werden follen.

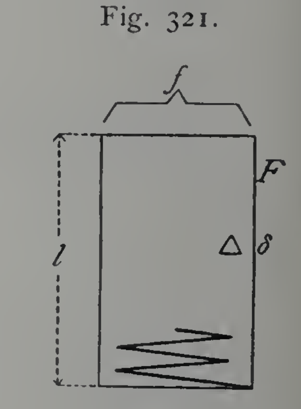


Fig. 321.

Fig. 321 mag einen prismatifchen Dampfwafferofen diefer Art darftellen. Es fei der Querfchnitt deffelben f (in Quadr.-Met.); die Höhe deffelben l (in Met.); die Aufsenfläche deffelben F (in Quadr.-Met.); die Temperatur des Wafferinhaltes Δ (in Grad C.); die Zeit z (in Stunden), und zwar für $z_,$: $\Delta = \Delta_,$; für $z_{,,}$: $\Delta = \Delta_{,,}$; die als unveränderlich angenommene Temperatur der umgebenden Luft δ (in Grad C); der Wärmeübergang vom Ofen in die Luft für jeden Grad Temperatur-Unterfchied $(\Delta - \delta)$ für 1 qm Heizfläche und 1 Stunde k; die ftündlich vom Ofen abgegebene Wärme $= W$; der Wafferinhalt des Ofens $= f\,l\,.\,1000$ kg. Alsdann ift

$$d\,W = F\,k\,(\Delta - \delta)\,d\,z\,, \qquad 185.$$

$$d\,W = -f\,l\,.\,1000\,d\,\Delta\,; \qquad 186.$$

alfo

$$F\,k\,(\Delta - \delta)\,d\,z = -f\,l\,.\,1000\,d\,\Delta\,,$$

d. i.

$$-\frac{1000 f l}{F k}\int\frac{d\,\Delta}{\Delta - \delta} = \int d z\,,$$

oder

$$-\frac{1000\,f\,l}{F\,k}\,[\text{log. nat.}\,(\Delta - \delta) + \text{Conft.}] = z + \text{Conft.}$$

Durch Einfetzen der zufammengehörigen Werthe $z_{,,}$ und $\Delta_{,,}$, bezw. $z_,$ und $\Delta_,$ und Abziehen der beiden Gleichungen erhält man hieraus einen Ausdruck für $z_{,,} - z_,$ wie folgt:

$$-\frac{1000 f l}{F k}\,[\text{log. nat.}\,(\Delta_{,,} - \delta) + \text{Conft.}] = z_{,,} + \text{Conft.},$$

---

[225]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 36, 39; Bd. 239, S. 412. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 317.

[226]) Siehe: Bayer. Ind.- u. Gwbebl. 1878, S. 290. — Polyt. Journ., Bd. 234, S. 35.

[227]) MORIN, A. *Études fur la ventilation.* Paris 1863. Bd. 1, S. 551 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 227, S. 355. — Deutfche Bauz. 1877, S. 487. — Deutfche Induftrie-Zeitg. 1878, S. 42 — endlich die (meines Wiffens nicht veröffentlichten) Oefen von *Schäffer & Walker, M. & H. Magnus* u. a.

$$-\frac{1000\,f\,l}{F\,k}\,[\log.\ \text{nat.}\ (\Delta_, - \delta) + \text{Conft.}] = z_, + \text{Conft.},$$

$$\frac{1000\,f\,l}{F\,k}\ \log.\ \text{nat.}\ \frac{\Delta_, - \delta}{\Delta_{,,} - \delta} = z_{,,} - z_, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 187.$$

und durch Umwandelung der Gleichung 187 ohne Schwierigkeiten

$$\Delta_{,,} - \delta = \frac{\Delta_, - \delta}{e^{\frac{k\,F\,(z_{,,} - z_,)}{1000\,l\,f}}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 188.$$

Mit Hilfe diefer Gleichung find die Temperatur-Unterfchiede $\Delta_{,,} - \delta$ für jede Zeit nach dem Beginne der Abkühlung zu berechnen. Sie find berechnet worden für $f = 0{,}_2$ m, $l = 2$ m, $F = 3{,}_{53}$ qm, $\Delta_, = 100{,}_6$ Grad, $z_, = 4$ Stunden, $z_{,,} = 4\frac{1}{2}, 5, 5\frac{1}{2}$, 6 u. f. w. bis 16 Stunden, $k = 15$, und die Werthe $\Delta_{,,}$ find von der Abfciffenaxe EP (Fig. 320) als lothrechte Ordinaten aufgetragen worden, fo dafs ihre Endpunkte die krumme Linie BC bilden.

350.
Warmwaffer-
öfen.

Der Verlauf der Erwärmung des Waffers kann in ähnlicher Weife verfolgt werden. Diefelbe erfolge durch eine mit Dampf gefüllte Röhrenfchlange, welche im unteren Theile des Ofens (vergl. Fig. 321) angebracht ift. Aufser den früher genannten Bezeichnungen bedeute: τ die als unveränderlich angenommene Temperatur des Dampfes, φ die Oberfläche der Röhrenfchlange (in Quadr.-Met.), $\varkappa$ die Wärmemenge, welche für jeden Grad des Temperatur-Unterfchiedes $\tau - \Delta$ für 1 qm Oberfläche ftündlich vom Dampf an das Waffer übergeht, und w die gefammte Wärmemenge, welche der Dampf an das Waffer abliefert. Es ift alsdann die Aenderung des Wärmegehaltes im Ofen

$$d\,w - d\,W = f\,l \cdot 1000\,d\,\Delta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 189.$$

Da aber

$$d\,W = F\,k\,(\Delta - \delta)\,d\,z \quad \text{und} \quad d\,w = \varphi\,\varkappa\,(\tau - \Delta)\,d\,z$$

ift, fo entfteht durch Einfetzen

$$f\,l\,.\,1000\,d\,\Delta = [\varphi\,\varkappa\,(\tau - \Delta) - F\,k\,(\Delta - \delta)]\,d\,z\,,$$

oder

$$\int \frac{1000\,f\,l}{\varphi\,\varkappa\,\tau + F\,k\,\delta - (\varphi\,\varkappa + F\,k)\,\Delta}\,d\,\Delta = \int d\,z\,;$$

alfo

$$-\frac{1000\,f\,l}{\varphi\,\varkappa + F\,k}\ \log.\ \text{nat.}\ [\varphi\,\varkappa\,\tau + F\,k\,\delta - (\varphi\,\varkappa + F\,k)\,\Delta] + \text{Conft.} = z + \text{Conft.}$$

Durch Einfetzen des Werthes Δ_0 ftatt Δ für $z = 0$ erhält man hieraus leicht

$$\frac{1000\,f\,l}{\varphi\,\varkappa + F\,k}\ \log.\ \text{nat.}\ \frac{\varphi\,\varkappa\,\tau + F\,k\,\delta - (\varphi\,\varkappa + F\,k)\,\Delta_0}{\varphi\,\varkappa\,\tau + F\,k\,\delta - (\varphi\,\varkappa + F\,k)\,\Delta} = z\,, \quad . \quad . \quad . \quad 190.$$

und ferner durch Umgeftaltung diefer Gleichung

$$\Delta = \frac{\varphi\,\varkappa\,\tau + F\,k\,\delta}{\varphi\,\varkappa + F\,k} - \frac{\varphi\,\varkappa\,\tau + F\,k\,\delta - (\varphi\,\varkappa + F\,k)\,\Delta_0}{\varphi\,\varkappa + F\,k}\,e^{-\frac{\varphi\,\varkappa + F\,k}{1000\,f\,l}\,z} \quad . \quad . \quad 191.$$

Gleichung 191 liefert nun, wenn man $\tau = 120$ Grad, φ, wie thatfächlich meiftens der Fall, zu etwa $\frac{F}{10}$, genau $= 0{,}_{35}$ qm, $\varkappa = 800$ fetzt, die Ordinaten des Schaulinientheiles AB in Fig. 320, fo dafs diefe Linie das Gefetz der Waffererwärmung darftellt.

Bevor ich auf die Befprechung der Gefammtlinie ABC eingehe, mufs ich noch rechtfertigen, warum in der Rechnung δ, d. i. die Temperatur der den Ofen

umgebenden Luft, als unveränderlich angenommen worden ist, obgleich sich δ thatsächlich wegen der Verschiedenheit der Ofen-Temperatur fortwährend ändert. Die Bewegung des δ unterliegt zahlreichen Einflüssen, die rechnungsmäfsig nicht verfolgt werden können, so dafs ohne jene Annahme eine rechnungsmäfsige Behandlung überhaupt unmöglich sein würde. Andererseits werden die Schwankungen der Lufttemperatur durch das Vermögen der Wände u. s. w., erhebliche Wärmemengen in sich aufzuspeichern, innerhalb solcher Grenzen gehalten, dafs sie auf die Gröfse des Δ nur gering einzuwirken vermögen. Die punktirte Linie $E\,H\,J$ dürfte den Verlauf der Aenderung in der Temperatur der Zimmerluft richtig wiedergeben. Würden die zugehörigen Werthe der Ordinaten dieser Linie statt des unveränderlichen δ in die Rechnung eingeführt, so würden $A\,B$ sowohl, als $B\,C$ weniger krumm ausfallen, die ungleichmäfsige Wärmeabgabe des Ofens aber nicht günstiger erscheinen.

Diese Wärmeabgabe steht in geradem Verhältnisse zum Temperatur-Unterschiede $\Delta - \delta$, sonach zu den Theilen der Ordinaten der Linie $A\,B\,C$, welche über $E\,H\,J$, oder bei unveränderlichem $\delta = 20$ Grad, über $A\,D$ liegen. Sie schwankt sonach, zwischen weit von einander liegenden Grenzen, in dem Sinne, wenn auch nicht ganz in dem Mafse, wie die Wärmeabgabe des Kachelofens, welche durch die Linie $A_1\,B\,C_1$ dargestellt ist. Daraus ergiebt sich zunächst eine entsprechende Ungleichmäfsigkeit der Zimmer-Temperatur, welche leicht über die Grenzen des Erträglichen hinausgeht. Hat man dem Ofen beispielsweise während 4 Anheizstunden so viel Wärme zugeführt, als man in den folgenden 12 Stunden zur Warmhaltung des betreffenden Zimmers gebraucht, so kann durch Eingreifen des Wärmeaufspeicherungsvermögens der Wände, Decken, Möbel u. s. w. die Schwankung der Zimmer-Temperatur einigermafsen gemildert werden; erwärmt man den Ofen mehr, so mufs man sich durch Oeffnen der Fenster und Thüren (wie beim Kachelofen) gegen die eintretende zu hohe Temperatur schützen, ein Verfahren, welches recht lästig, wenn nicht gesundheitsschädlich ist. Für den Fall aber, dafs man den Wärmebedarf des Tages unterschätzte, ist ein erneutes Anheizen viel weniger einfach, als beim Kachelofen. Die Thatsache, dafs zu wenig Wärme aufgespeichert worden ist, erkennt man erst beim Eintreten einer zu niedrigen Temperatur der Zimmerluft; man wird defshalb längere Zeit frieren müssen, bis der begangene Fehler ausgeglichen ist.

Diejenigen Warmwasser-Heizungen, welche in den warm zu haltenden Räumen grofse Wassermengen enthalten — man findet dieselben häufig, namentlich in Gewächshäusern — verhalten sich genau so, wie die soeben besprochene Dampfwasserheizung; die Wärmeabgabe der Wärmflaschen erfolgt nach der Linie $B\,C$ in Fig. 320, da die Erwärmung derselben aufserhalb des zu beheizenden Raumes stattfindet.

Kann man denn die für einen gewissen Zeitabschnitt erforderliche Wärmemenge vorher genau genug bestimmen, um hiernach die Wärmeaufspeicherung zu bemessen? Leider nein. In unserem Klima sind Temperaturwechsel des Freien um 10 Grad innerhalb 24 Stunden nicht selten; fühlbarer ist noch der Einflufs der die Fenster eines Zimmers treffenden Sonnenstrahlen, und zu beachten ist ferner die Richtung und Stärke des Windes. Diese von vornherein nicht zu berechnenden Umstände können innerhalb weniger Stunden den Wärmebedarf in weit gehendem Mafse ändern.

Es geht hieraus hervor, dafs die Heizung mittels Wärmeaufspeicherung nur dann eine begehrenswürdige sein kann, wenn man jederzeit entsprechend dem Wärme-Abflufs aus dem zu beheizenden Raume den Wärme-Zuflufs aus dem vorher aufgespeicherten Vorrathe regeln kann, d. h. das Heizen mit aufgespeicherter Wärme kann

nur die Regelung der Wärmeentwickelung erleichtern; die Wärmeabgabe erfordert befondere Regelung.

351. Regelung der Wärmeabgabe.

Die Regelung für die Wärmeabgabe der Heizkörper kann ftattfinden [228]):

1) durch Aenderung des Temperatur-Unterfchiedes der Heizflächen und der fie befpülenden Luft oder

2) durch Aenderung der Heizflächengröfse.

Die Aenderung des genannten Temperatur-Unterfchiedes ift zu bewirken durch Aenderung der Heizflächentemperatur oder der Lufttemperatur oder endlich durch Aenderung beider.

352. Regelung bei Wafferheizungen.

Das erftere Verfahren tritt befonders deutlich hervor bei den Wafferheizungen. Die Temperatur des im Wärmeftrahler befindlichen Waffers wird durch verfchieden lebhaftes Feuern — vielleicht unter Vermittelung eines befonderen Reglers — oder verfchieden grofse Umlaufgefchwindigkeit geändert. Nur das letztgenannte Verfahren giebt zunächft Veranlaffung zu eingehender Erörterung, und zwar in Rückficht darauf, ob der Wärmeftrahler eine gröfsere oder geringere Waffermenge enthalten foll.

Die erfte und, wie ich gleich hinzufügen will, fchlechtefte der betreffenden Anordnungen wird durch Fig. 322 wiedergegeben. *A* fei der Wärme aufnehmende Körper, kurzweg Heizkeffel genannt, *B* der Wärme abgebende Körper oder Wärmeftrahler. *A* ift fo eingerichtet, dafs derfelbe nur wenig Waffer enthält; ich habe dies dadurch anzudeuten gefucht, indem ich in Fig. 322 *A* als Röhrenfchlange zeichnete. *B* enthält dagegen fehr viel Waffer. Wegen der geringen Waffermenge in *A* erwärmt fich diefe (nach Entzündung des Feuers) fehr rafch, fteigt empor und wird durch kälteres Waffer, das aus *B* niederfliefst, erfetzt. *B* wird dagegen nur fehr langfam erwärmt, in dem Sinne, wie beim Dampfwafferofen, aber langfamer als dort. Nach Erlöfchen des Feuers hört die Wärme-Zufuhr auch nach *B* fofort auf, fo dafs der Wärmeftrahler fich nunmehr faft genau fo verhält, wie der früher befprochene Dampfwafferofen, und ihm die gleichen Mängel, wie jenem eigen find. Selbft die völlige Abfperrung des Wafferumlaufes fchwächt die Wärmeabgabe des Ofens nicht, wie die völlige Freilaffung ihn nicht merklich fördert.

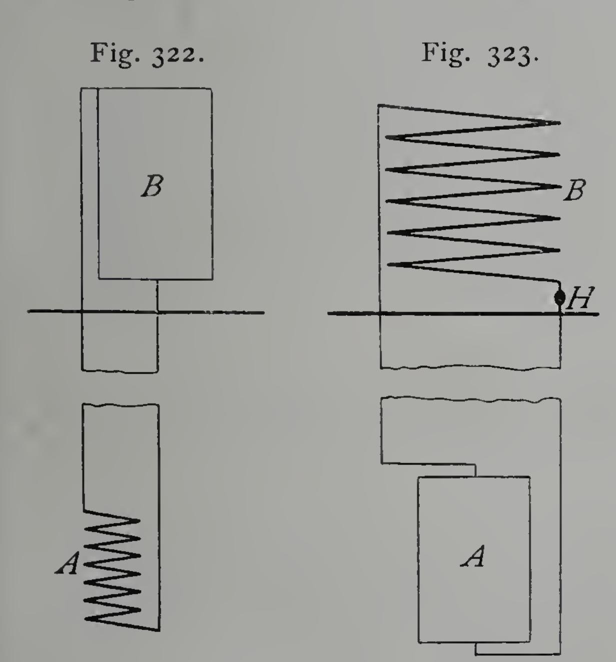


Fig. 322. Fig. 323.

An der entgegengefetzten äufseren Grenze fteht die Anordnung, welche Fig. 323 verfinnlicht. Hier enthält der Wärmeftrahler *B* möglichft wenig Waffer, was wieder durch Andeutung der Röhrenfchlange leicht erkennbar gemacht worden ift, während im Heizkeffel *A* fehr viel Waffer vorhanden ift. Nach Entzündung des Feuers erwärmt fich *A* nur langfam, immerhin etwa eben fo rafch wie *B* in Fig. 322; das in *A* erwärmte Waffer fteigt in bekannter Weife zu *B* empor und giebt hier Wärme ab.

Durch Einfchalten eines Ventils oder Hahnes in die Leitung zwifchen *A* und *B*, vielleicht bei *H* (Fig. 323), läfft fich nun die Waffermenge, welche in der Zeiteinheit die Schlange *B* durchftrömt — innerhalb gewiffer Grenzen, aber bis zum Aufhören

228) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.

des Wafferumlaufes — regeln, fo dafs dem entfprechend verfchiedene Wärmemengen von dem in *A* aufgefpeicherten Vorrath in die Schlange *B* gelangen, alfo deren mittlere Oberflächen-Temperatur fich hiernach ändert und damit der beabfichtigte Zweck ohne Weiteres erreicht wird. Je gröfser der Wafferinhalt des Wärmeftrahlers *B* ift, um fo fpäter folgt indefs feine mittlere Ofen-Temperatur der vorgenommenen Hahnftellung.

Der Wafferinhalt der Wärmeftrahler verdient aus diefem Grunde befondere Aufmerkfamkeit. Es mögen defshalb einige Angaben über den Wafferinhalt gegenüber 1 qm Heizfläche eingefchaltet werden. Es entfallen:

bei 0,022 m weiten Heizröhren	0,38	Liter,
» 0,02 m weiten Plattenöfen	1,00	»
» den Gliederöfen . . . . . 5,00 bis	8,00	»
» den Oefen von *Pflaum & Gerlach* [229])	17,25	»
» » » » *H. Röficke*	35,00	»
» » » » *Joh. Haag*	37,50	»
» » » » *Titel & Wolde*	48,00	»

Rechnet man nun 300 Wärmeeinheiten als durchfchnittliche Wärmeabgabe, fo findet man, dafs nach völligem Abfperren des Wafferumlaufes der Ofen von *Titel & Wolde* rund 10 Minuten bedarf, um nur 1 Grad kälter zu werden! Eine fo träge wirkende Regelung ift faft ohne jeden Werth.

Die weniger Waffer enthaltenden Oefen find denn auch mehr und mehr beliebt geworden; will man mit ihnen die Wärmeauffpeicherung verbinden, fo ift es nur nöthig, dem Wafferwärmer *A* (Fig. 323) einen entfprechend grofsen Raum zu geben. Von diefem läfft fich durch Regelung des Wafferumlaufes die Wärme dem Bedarfe gemäfs auf angegebenem Wege entnehmen. In gleicher Weife wirkt die Dampfwarmwaffer-Heizung [230]).

353. Regelung bei Dampfwaffer-heizungen.

Bei beiden darf aber nicht überfehen werden, dafs die Feuerungs-, bezw. die der Dampfentwickelung dienende Anlage im Stande fein mufs, genügend rafch die grofse Waffermenge zu erwärmen.

Folgendes Beifpiel möge dies noch erläutern.

Es werde in das Auge gefafft, behuf bequemer Bedienung auch bei gröfster Kälte die für einen Tag erforderliche Wärme innerhalb weniger Stunden zu entwickeln; zu diefem Zwecke fei Dampfwafferheizung in Ausficht genommen. Das Beifpiel, welches Fig. 320 darftellt, kann alsdann der Erörterung zu Grunde gelegt werden. Zunächft ift erkennbar, dafs das erforderliche Auffpeicherungsvermögen ohne Schwierigkeit gewonnen werden kann. Zu unterfuchen ift noch, welche Dampfmengen gefordert werden. Man wird geneigt fein, anzunehmen, dafs der bei gleichförmigem Heizen in der Zeiteinheit erforderliche Dampf nur viermal zu nehmen fei, wenn man in 4 Stunden dem Waffer fo viel Wärme zuführen will, wie in 16 Stunden gebraucht wird. Diefe Anfchauung beruht jedoch auf einem Irrthum, indem während des Wafferwärmens bedeutend wechfelnde Dampfmengen zur Verdichtung gelangen.

Die Gleichung 191 gewährt einen Einblick in das Gefetz des Dampfverbrauches des Ofens. Die Wärmeüberführung vom Dampf in das Waffer, fomit der Dampfverbrauch, fteht in geradem Verhältniffe zum Temperatur-Unterfchied $\tau - \Delta$. In der krummen Linie *A B* (Fig. 320) liegen die Endpunkte derjenigen Ordinaten, welche, von der Nulllinie *E P* ab gemeffen, die Temperaturen Δ des Waffers $^1/_4$, $^1/_2$, 1 u. f. w. Stunden nach Beginn des Anheizens darftellen, in der geraden Linie *L Q* diejenigen, welche die unveränderliche Temperatur des Dampfes wiedergeben. Die zwifchen *A B* und *L Q* liegenden Theile der Ordinaten beftimmen daher die Temperatur-Unterfchiede zwifchen Dampf und Waffer und damit den Dampfverbrauch, z. B. *R S* den Dampfverbrauch eine Stunde nach Beginn des Anheizens. Die Fläche *A B Q L* entfpricht dem Dampfverbrauche während der ganzen Dauer des Anheizens, welcher in folgender Weife

229) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 738.

230) Vergl.: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 439.

zu berechnen iſt. Heiſst dieſe Dampfmenge q (in Kilogr.) und wird angenommen, daſs 1 kg Dampf 522 Wärmeeinheiten abzugeben vermag, ſo iſt

$$q = \int_0^{z_1} \frac{(\tau - \Delta)\,\varphi\,\varkappa\,d\,z}{522} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 192.$$

In dieſe Gleichung iſt der Werth für Δ aus Gleichung 191 einzuſetzen, um eine verwendbare Formel für q zu gewinnen.

Für das vorliegende Beiſpiel liefert die letztere $\backsim$ 77 kg, welche Dampfmenge, auf die Heizzeit von 16 Stunden gleichmäſsig vertheilt, in Fig. 320 durch das Rechteck $L\,M\,N\,O$ dargeſtellt wird. Vergleicht man nun die Ordinaten dieſer Fläche mit denjenigen der Fläche $A\,B\,Q\,L$, ſo erkennt man ſofort, daſs bei Beginn des Anheizens mehr als das 11-fache, und $^1/_2$ Stunde nach dieſer Zeit noch das 8-fache desjenigen Dampfes verbraucht wird, welcher bei gleichmäſsiger Dampf-Zufuhr während der 16-ſtündigen Heizdauer nöthig ſein würde. Eine geringere Dampf-Zuſuhr, als die verlangte, führt zu Miſslichkeiten, welche ich hier nicht weiter erörtern will; nur ſei erwähnt, daſs durch dieſelben ſogar die Dampfſchlange zerſtört werden kann. Für das in Rede ſtehende Verfahren ſind ſonach ungemein groſse Dampfkeſſel, weite Dampfröhren und ſehr leiſtungsfähige Ableiter für das Niederſchlagswaſſer nöthig. Ich will geſtehen, daſs die Uebelſtände, welche aus der Nichtbeachtung dieſer Thatſache bei einer ſehr groſsen Anlage, die ungenannt bleiben möge, entſtanden ſind, mich zu der Aufnahme des gegenwärtigen Themas veranlaſst haben.

354.
Regelung
bei Dampfheizungen.

Bei Dampfheizungen kann man durch theilweiſes Schlieſsen des Zuſtrömungsventils die Spannung des im Ofen befindlichen Dampfes vermindern, womit eine Verminderung der Heizflächen-Temperatur im Zuſammenhange ſteht. Die Dampfſpannung muſs, behuf einer wirkſamen Regelung der Wärmeabgabe, oft weit unter diejenige der Athmoſphäre ſinken, ſo daſs das gebildete Waſſer nicht mehr ſelbſtthätig den Ofen verläſst, ja, wenn die Waſſer-Ableitungsröhren mehrerer Oefen ſich in einer gemeinſchaftlichen Röhre ſammeln, das Waſſer dieſer Röhre, bezw. benachbarter Oefen unter polterndem Geräuſch in den in Rede ſtehenden Ofen ſtrömt. Man kann Letzteres durch Einſchalten eines ſog. Rückſchlagventils verhindern, welches das Waſſer ſo lange abflieſsen läſst, wie vor ihm eine gröſsere Spannung herrſcht, als hinter demſelben, dagegen ſich ſchlieſst, ſobald die Spannungen gleich oder vor dem Ventil niedriger, als hinter demſelben ſind. Ein ſolches Ventil verſagt jedoch zuweilen und giebt ſonſt Veranlaſſung zu Störungen, weſshalb man dasſelbe möglichſt zu vermeiden ſucht.

355.
Regelung
mittels
Aenderung
der Lufttemperatur.

Man kann ferner den Wärmeaustauſch regeln, indem man die Gröſse des gewünſchten Temperatur-Unterſchiedes der Heizflächen, bezw. Kühlflächen und der Luft durch Aenderung der Lufttemperatur gewinnt.

In Fig. 324 bezeichne A den Heizofen, bezw. Kühlkörper, B die möglichſt wenig leitenden Wände der Heizkammer, C die Einſtrömungs- und D die Ausſtrömungsöffnung der Luft, welche letztere vermöge des Schiebers E verengt werden kann. Je mehr man mit Hilfe des Schiebers E die Ausſtrömungsöffnung D verkleinert, je weniger Luft aus D zu entweichen, bezw. bei C einzutreten vermag, um ſo höher wird die Temperatur der Luft, um ſo kleiner der Temperatur-Unterſchied des Körpers A und der umgebenden Luft. Durch völliges Schlieſsen der Oeffnung D hört jeder Luftwechſel auf; die Temperatur der Luft nähert ſich mehr und mehr der Heizflächen-Temperatur, bis zuletzt eine Wärmeabgabe der Heizflächen nicht mehr ſtattfindet. Iſt A nicht ein Heiz-, ſondern ein Kühlkörper, ſo iſt der Schieber E oder eine ſonſtige eben ſo wirkende Einrichtung an die nunmehr unten befindliche Ausſtrömungsöffnung anzubringen. Man findet dieſe Art der Regelung allgemein in den ſog. Eiskellern, d. h. gewerblichen Zwecken dienenden Räu-

Fig. 324.

men, welche durch mit Eis gefüllte Kühlkammern eine regelmäfsige Kühlung erhalten. Die Kühlfläche ift dann immer fehr grofs; durch Hemmung des Luftwechfels vermag man den Wärmeaustaufch trotzdem fo zu regeln, dafs die einmalige Eisfüllung von Winter zu Winter genügt.

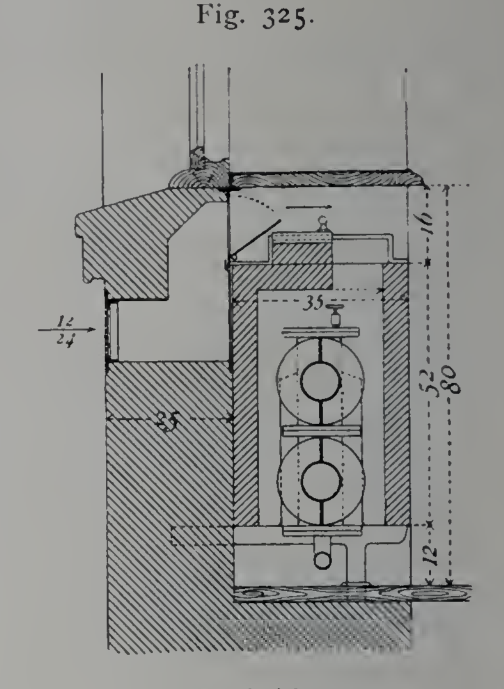


Fig. 325.

Regelungs-Einrichtung von *Bechem & Poft*.

Ich habe daffelbe für Heizungen bereits 1879 angewendet[231]); durch *Bechem & Poft* in Hagen ift es vortheilhaft ausgebildet und zu ausgedehnter Ausführung gelangt. Fig. 325 zeigt die Anordnung von *Bechem & Poft*, wie fie für die Einzelzimmer des Eppendorfer Krankenhaufes angewendet worden ift.

Unter den Fenfterbänken find Gliederöfen aufgeftellt und von leicht abnehmbaren, wärmedichten, aus einer Art Pappe angefertigten Mänteln umgeben. Jeder Mantel ift aber mittels eines Schiebers im Wefentlichen luftdicht zu fchliefsen. In der Fenfterbrüftung ift ein mittels Klappe verfchliefsbarer Canal für die Zufuhr frifcher Luft angebracht.

Bei Luftheizungen dienen nicht felten die Klappen, welche den Luft-Austritt regeln, in demfelben Sinne. Es leidet jedoch das vorliegende Regelungsverfahren an dem Uebelftande, dafs die Luft bei geringerem Wärmebedarf mit fehr hoher Temperatur in das Zimmer tritt, in Folge weffen, wie früher erörtert, der Unterfchied der Temperatur unter der Decke und über dem Fufsboden ein beträchtlicher wird, auch die von der heifsen Luft getroffenen fchmückenden Theile des Zimmers eine Schädigung erleiden.

Bechem & Poft hindern dies durch über die Regelmäntel geftülpte Ziermäntel, indem innerhalb der letzteren, über den erfteren, eine Mifchung der fehr warmen Luft mit kälterer Luft des Zimmers ftattfindet.

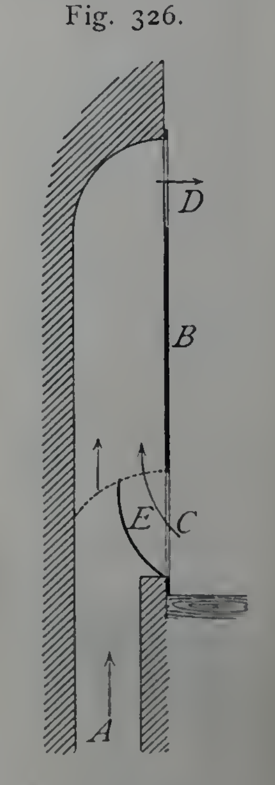


Fig. 326.

Klappenanordnung von *E. Kelling*.

E. Kelling[232]) hat zu gleichem Zwecke die durch Fig. 326 abgebildete, für Luftheizungen beftimmte Klappenanordnung verwendet.

A ift der von der Heizkammer emporfteigende Schacht. Derfelbe ift in dem zu heizenden Zimmer zum Schlitz ausgebildet, letzterer aber durch die eiferne Platte *B* wieder gefchloffen. In *B* befinden fich zwei vergitterte Oeffnungen, von denen die obere *D* dem Austritt warmer Luft dient, während die untere *C* den Eintritt der Zimmerluft vermitteln foll. *C* gegenüber befindet fich eine Klappe *E*, welche zunächft dazu dient, den Luft-Eintritt in *C* zu regeln, bei weiterem Zurücklegen aber den Querfchnitt für die durch *A* emporfteigende warme Luft verengt, d. h. die dem Zimmer zugeführte Wärmemenge regelt. Ueber der Klappe *E* mifcht fich nun die warme Luft mit der kälteren Zimmerluft, fo dafs die Oeffnung *D* mäfsig erwärmte Luft dem Zimmer zuführt.

Es fei darauf hingewiefen, dafs durch diefe Klappenanordnung bei unbefchränktem Querfchnitt für die Heizluft eine nennenswerthe Menge kälterer Luft der erfteren beigemifcht, alfo die Temperatur der Heizluft auch bei voller Inanfpruchnahme der Heizung ermäfsigt werden kann.

Die fog. Mifchklappen der Luftheizungen (fiehe Art. 263, S. 238) geftatten eine Hemmung der Luftbewegung längs der Heizflächen, eine Steigerung der Luft-

---

231) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 167.

232) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 612.

temperatur und damit eine Regelung der Wärmeabgabe. Sie vermitteln gleichzeitig die Beimifchung kälterer Luft zu derjenigen, welche von den Heizflächen kommt, verengen hierbei aber den Gefammtquerfchnitt für die frifche Luft nicht. Auch für örtlich aufgeftellte Heizkörper werden folche Mifchklappen[233]) oder nach Umftänden Mifchfchieber[234]) mit Vortheil angewendet.

Das vorliegende Regelungsverfahren mufs hiernach als zweckmäfsig bezeichnet werden, da es Ventile oder Hähne zur Regelung des Wafferumlaufes, bezw. Dampfeintrittes entbehrlich macht, fonach verhältnifsmäfsig geringe Anlagekoften verurfacht, aufserdem aber fofort nach Einftellung des Schiebers oder der Klappe der Erfolg merkbar wird.

Es ift auch mit Vortheil angewendet für die Regelung der Wärmeabgabe, wenn mit aufgefpeicherter Wärme geheizt wird[235]). In einer Lübecker Schule regelt man z. B. die Wärmeabgabe gemauerter, fehr dickwandiger Feuerluftheizungsöfen, die täglich nur wenige Stunden geheizt werden, auf diefem Wege.

Eine genügende Mifchung der warmen und kälteren Luft gelingt jedoch mit Sicherheit nur in einem längeren Canal; auch ift es fchwer, das geeignete Verhältnifs beider Luftarten zu treffen, da die erwärmte Luft nach Verengung der Ausftrömungsöffnung *D* in Fig. 325 erft allmählig die höhere Temperatur gewinnt. Endlich fehlt es an einem völlig wärmeundurchläffigen Stoffe, fo dafs bei fehr mildem Wetter die Wärmeabgabe zuweilen auch bei gefperrter Luftbefpülung noch zu grofs ausfällt.

356.
Regelung
mittels
Verkleinerung
der
Heizfläche.

Dies ift Urfache, die Möglichkeit einer Verkleinerung der Heizfläche näher in das Auge zu faffen.

Bei Dampfheizungen ift die Heizfläche auf folgendem Wege zu verkleinern. Man fchliefst den Wafferabflufs; alsdann ftaut das Waffer mehr und mehr an und fperrt die von ihm berührten Heizflächen vom Dampf ab. Nachdem die Wärme des Waffers diefem entzogen ift, find die betreffenden Heizflächen von der Wärmeabgabe ausgefchloffen. Durch forgfältige Einftellung des Waffer-Ablafshahnes vermag man nun nur fo viel Waffer abfliefsen zu laffen, als die verkleinerte Heizfläche verdichtet. Ohne Weiteres ift jedoch zu überfehen, dafs diefe Art der Regelung eine befondere Gefchicklichkeit verlangt. *Käuffer* hat einen Dampfofen patentirt erhalten[236]), in welchem in verfchiedenen Höhen Waffer-Abflufsöffnungen vorhanden find, fo dafs man einen beftimmten Theil der Heizfläche mit Sicherheit auszufchalten vermag. Die Anordnung befeitigt jedoch in der Regel den Uebelftand nicht, der vor allen Dingen das vorliegende Regelungsverfahren zu einem wenig begehrenswerthen macht, nämlich das Träge der Wirkung deffelben. Wenn man ftundenlang warten foll, bevor die Regelung fühlbar, bezw. ihr Grad fchätzbar ift, fo wird man nicht von derfelben befriedigt werden. Dafs die Wirkung erft fehr allmählig eintritt, habe ich durch Rechnung nachgewiefen[237]).

Für Niederdruck-Dampfheizungen hat *Käuffer* fpäter[238]) folgenden hübfchen Gedanken verwirklicht. Der Wärmeftrahler *A* (Fig. 327) fteht vermöge der Waffer-

---

233) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 323.

234) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 440; 1885, S. 892.

235) Vergl.: JUNGFER, H. R. Verbefferte Anlage für Luftheizungen. Görlitz 1883 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 892.

236) D. R.-P. Nr. 6320.

237) In: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 163.

238) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1886, S. 672.

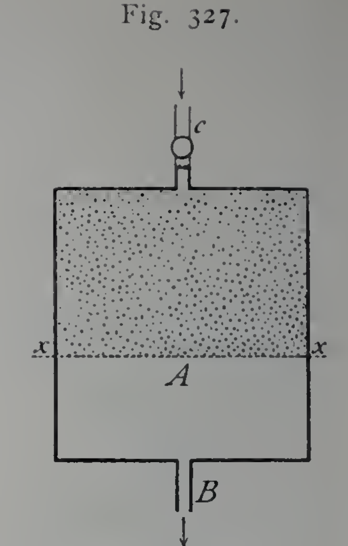


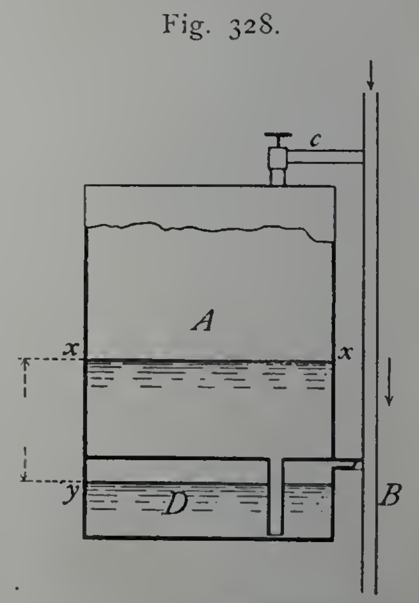
Fig. 327.

Regler von *Käuffer*.

Abflufsröhre B mit der Atmofphäre in freier Verbindung, während die Dampf-Zuflufsröhre c mittels Ventiles abftellbar ift. Regelt man nun den Dampf-Zuflufs fo, dafs die über der Linie $x\,x$ befindliche Heizfläche die einftrömende Dampfmenge niederzufchlagen vermag, fo füllt fich, wegen des geringeren Dampfgewichtes gegenüber dem Luftgewichte, der Heizkörper überhaupt nur bis zur Linie $x\,x$ mit Dampf, während fein unter diefer Linie gelegener Raum mit Luft gefüllt ift, d. h. nur die oberhalb $x\,x$ gelegene Heizfläche vermag Wärme abzugeben. Selbftverftändlich mufs, um zufällige Unzuträglichkeiten zu vermeiden, das Dampfventil fo bemeffen fein, dafs unter keinen Umftänden mehr Dampf in den Heizkörper treten kann, als feine gefammte Fläche niederzufchlagen vermag. Dem erhobenen Vorwurfe, dafs in Folge der vorliegenden Regelungsart ein fortwährender Luftwechfel im Heizkörper und in den Niederfchlagswafferröhren ftattfindet, welcher das Verroften der (eifernen) Wandflächen fördert, begegnet *Käuffer* durch die Anlage einer befonderen Luftleitung mit Luftbehälter, fo dafs eine und diefelbe Luft in die Heizkörper u. f. w. tritt, bezw. aus denfelben verdrängt wird [239]). Auf dem Dampf-Eintrittsventil ruht der Dampfdruck der Leitung, hinter ihm derjenige der Atmofphäre. Bei nicht fehr gefchickter Anlage kann der auf das Dampfventil wirkende Dampfüberdruck zeitweife grofs genug werden, um ein unangenehm pfeifendes Geräufch zu verurfachen.

Dies verhütet die neuefte von *Schweer* erdachte Regelungsart [240]), welche als eine weitere Ausbildung der letzterwähnten *Käuffer*'fchen betrachtet werden mufs. Unter den Wärmeftrahler A (Fig. 328) ift ein Waffergefäfs D geftellt, an welches fich die Niederfchlagswafferröhre B fchliefst. Aus A fliefst das Waffer in D vermöge einer Röhre, welche bis nahe an den Boden des letzteren Gefäfses reicht; der Rauminhalt des Gefäfses D ift gröfser, als derjenige des Heizkörpers A. Den Dampfeintritt zu A vermittelt die Röhre C, welche mit einem Ventil verfehen ift; C fteht in freier Verbindung mit dem oberen Theile des Gefäfses D, fo dafs über dem Wafferfpiegel des letzteren der volle Dampfdruck herrfcht. Regelt man nun den Dampf-Zutritt fo, dafs die über $x\,x$ befindliche Heizfläche den Dampf niederzufchlagen im Stande ift, fo wird aus D das Waffer nach A gedrückt, und zwar bis zur Linie $x\,x$. Auf dem Dampfventil laftet der Druck der Wafferfäulenhöhe $x\,y$, alfo ein vom Dampfdrucke in der Leitung unabhängiger. Weitere Einzelheiten fiehe in der angezogenen Quelle [240]).

Fig. 328.



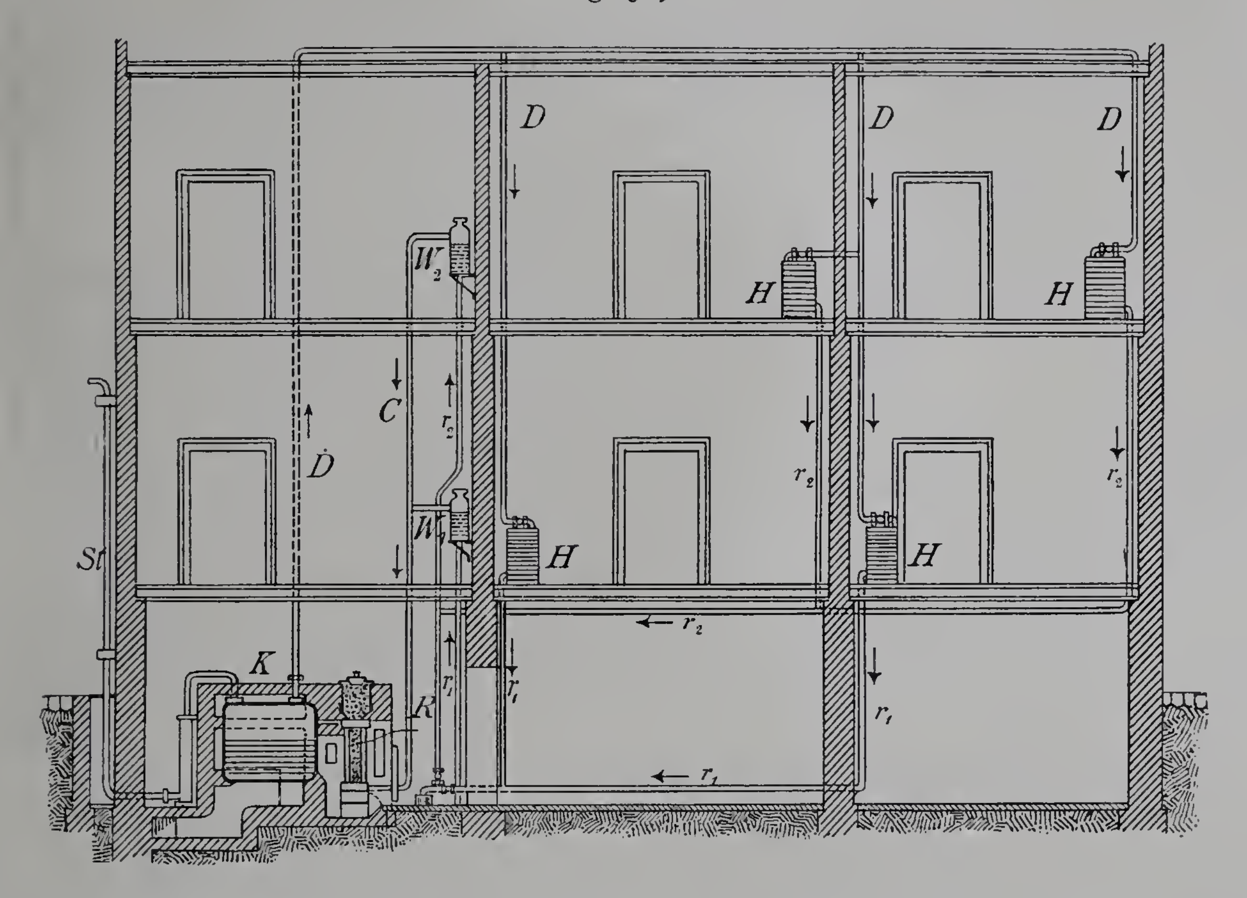
Regelungs-Einrichtung von *Schweer*.

Der Wafferbehälter D unter dem Heizkörper A ftört nun in mehr als einer Hinficht. *Gebr. Körting* haben defshalb das *Schweer*'fche Regelungsverfahren wie folgt ausgebildet [241]).

[239]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1888, S. 779.
[240]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1888, S. 778.
[241]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1889, S. 565.

In der fchematifchen Fig. 329 bezeichnet *R* den Korbroft (vergl. Fig. 293), *K* den Keffel, *St* die Standröhre. Von *K* aus führt das Röhrenwerk *D* den Dampf zu den Heizkörpern *H*. Das hier entftehende Niederfchlagswaffer fliefst durch das Röhrennetz r_1, bezw. r_2 in die offenen Wafferbehälter W_1, von wo ab es in den Keffel *K* hinabfällt. Die Waffergefäfse W_1 und W_2 vertreten die Waffergefäfse *D* (Fig. 328) der urfprünglichen *Schweer*'fchen Anordnung; fie find fo grofs und fo hoch aufgeftellt, dafs fie das Waffer fämmtlicher zugehöriger Heizkörper *H* aufzunehmen, aber auch diefe Heizkörper vollftändig

Fig. 329.



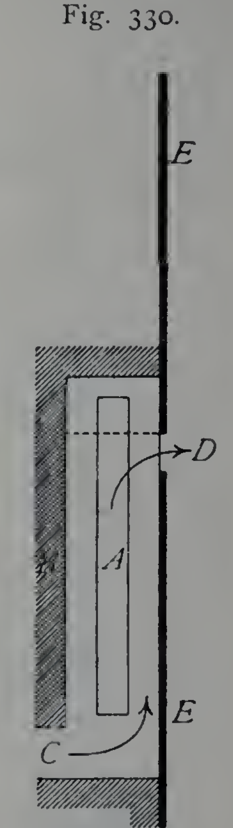
zu füllen vermögen. Insbefondere münden die Ueberlaufröhren *C* in folcher Höhe in die Gefäfse W_1 und W_2, dafs letztere unter allen Umftänden die zum Füllen der Heizkörper erforderliche Waffermenge zurückhalten. Oeffnet man nun das über einem der Heizkörper befindliche Dampfventil, fo verdrängt der eintretende Dampf fo viel Waffer nach dem betreffenden Gefäfse *W*, dafs die frei werdende Heizfläche den nachftrömenden Dampf niederzufchlagen vermag; verengt man den Zuflufsquerfchnitt des Dampfventils, fo ftaut von dem betreffenden *W* aus Waffer in den Heizkörper und verkleinert die Heizfläche deffelben.

Der Dampfdruck-Unterfchied am Ventil ift vom Dampfdruck in den Röhren, wie bei *Käuffer* (fiehe Art. 327, S. 340) abhängig, wefshalb fowohl die Ventilanordnung, als auch diejenige des Röhrennetzes eine gefchickte Hand verlangt, wenn ftörende Geräufche vermieden werden follen. Erfchwerend für die Anwendung des befchriebenen *Gebr. Körting*'fchen Regelungsverfahrens ift aber der Umftand, dafs der Dampfdruck am Heizkörper gröfser fein mufs, als der Unterfchied der Wafferfpiegelhöhen in dem Heizkörper und dem zugehörigen Gefäfse *W*, und der fernere, dafs das Niederfchlagswaffer einen viele Widerftände bietenden Weg zurückzulegen hat. Man wird defshalb in der Regel im Dampfentwickler gegen 0,3 Atmofphären (3000 kg für 1 qm) Dampfüberdruck haben müffen, um die vollen Heizflächen ausnutzen zu können.

Im Winter 1878—79 kam mir, gelegentlich des Entwurfes einer gröfseren Heiz-Anlage, der Gedanke eines anderen Verfahrens zur Verkleinerung der Heizfläche behuf Regelung der Wärmeabgabe. Daffelbe ift für irgend welche Heizungsart zu gebrauchen.

Fig. 330 ſei der lothrechte Durchſchnitt einer Heizkammer. *A* bezeichnet den Heizkörper, *B* den Schnitt einer feſten Wand der Heizkammer, *E* denjenigen einer in lothrechter Richtung verſchiebbaren Wand, *C* die Einſtrömungsöffnung der zu erwärmenden Luft, *D* die Ausſtrömungsöffnung derſelben. Diejenige Luft, welche über der in der Figur vom oberen Rande der Oeffnung ab wagrecht punktirten Linie ſich befindet, vermag nicht abzufließen, da ſie als die wärmere ihre hohe Lage beibehält; es dient deßhalb nur der Theil des Heizkörpers zur Lufterwärmung, welcher unter dieſer punktirten Linie ſich befindet. Bewegt man den Schieber *E* mit ſeiner Oeffnung *D* nach unten, ſo wird die thätige Heizfläche kleiner; bewegt man ihn nach oben, ſo wird ſie größer. Die hiermit zuſammenhängende Regelung der Wärmeabgabe wirkt ſofort, und nur die ruhende, feſt gehaltene Luft, die nur einen geringen Theil der überhaupt in Frage kommenden Luftmenge bildet, erfährt eine größere Erwärmung. Nachdem man die Oeffnung *D* unterhalb des unteren Ofenrandes gebracht hat, hört die Wärmeabgabe an die vorbeiſtrömende Luft auf. Allerdings ſchließt der Schieber nicht vollſtändig; auch wird durch denſelben, ſo wie durch die übrigen Heizkammerwände ein Theil der Wärme geleitet, welche die eingeſchloſſene Luft aufgenommen hatte. Bei ſorgfältiger Anordnung des Ganzen dürfte dieſe Wärmemenge jedoch nicht läſtig ſein, da — wenn überhaupt geheizt wird — jedenfalls eine geringe Wärme-Zufuhr für jedes Zimmer zuläſſig iſt.

Fig. 330.



Einen nach Fig. 330 geſtalteten Schieber wird man, des Raumbedarfes halber, nur in einigen Fällen anbringen können. Man erreicht daſſelbe Ziel, wenn man über den Heizkörper *A* (Fig. 331) eine Haube *B* ſtülpt, welche mit Hilfe einer Kette *C* höher oder tiefer gehängt werden kann. Durch *E* vermag die Luft des Zimmers, durch *F* friſche Luft zum Ofen *A* zu gelangen; durch *D* ſtrömt die Luft in den mit Wärme, bezw. Luft zu verſorgenden Raum. Andere Anordnungen habe ich in unten genannter Quelle angegeben [242]).

Fig. 331.

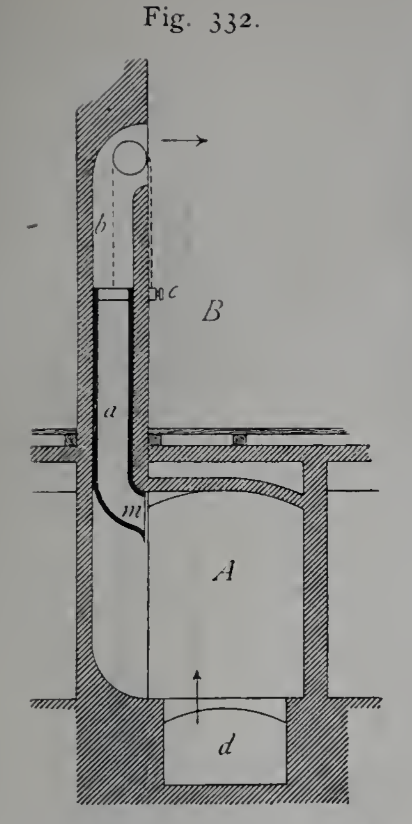
Nach einer Zuſchrift *Böhm*'s in Wien hat derſelbe den gleichen Gedanken verfolgt, und die Firma *Guſtav Raven* in Leipzig hat ein Patent erhalten, welches Aehnliches zum Vorwurfe hat [243]). Daſſelbe hat Bezug auf ſog. Luftheizungen, d. h. nach dem älteren Sprachgebrauch ſolche Heizungen, bei welchen die Erwärmung der Luft in geſonderter Heizkammer mittels unmittelbar vom Feuer und Rauch erhitzter Heizflächen erfolgt; es iſt jedoch eben ſo für Dampf- und Waſſerheizungen zu verwenden, was meinerſeits bereits Anfang 1879 geſchah.

Fig. 332 giebt die Anordnung in lothrechtem Durchſchnitt wieder.

A bezeichnet die Heizkammer, *d* den Luft-Zuführungs-Canal, *B* das zu heizende Zimmer. In dem Canal, welcher die Heizkammer *A* mit dem Raume *B* verbindet, iſt eine Röhre *a* verſchiebbar angebracht; ſie hängt an der Kette *b* und kann durch die Winde *c* beliebig hoch geſtellt werden. Giebt man nun

242) Fischer, H. Ueber Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.
243) D. R.-P. Nr. 10711.

Fig. 332.



Regelungs-Einrichtung von *Raven* in Leipzig.

der Röhre die höchfte Stellung (wie gezeichnet), fo taucht die Mündung *m* derfelben in die wärmfte Luft der Heizkammer, d. h. die Luft, welche nach oben geführt wird, hat vorher die ganze Höhe des Ofens befpült; läfft man dagegen die Röhre finken, fo entnimmt diefelbe folche Luft, die weniger erwärmt wurde, und in der tiefften Stellung der Röhre hört jede Heizung auf.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs das zuletzt genannte Verfahren, die Heizflächen zu verkleinern, auch für kühlende Flächen verwendet werden kann.

Die gefonderte Regelung der Wärmeabgabe bedingt, dafs entweder die überfchüffig entwickelte Wärme in einen Speicher übergeht oder die Wärmeentwickelung mit dem jederzeitigen Wärmeverbrauch in Einklang gebracht wird.

357.
Regelung bei Wärme-auffpeicherung.

Wie die Wärmeauffpeicherung ftattfindet, ift in den früheren Erörterungen genügend angegeben; es handelt fich alfo hier noch um die Regelung des Feuers gegenüber dem Wärmeverbrauch.

358.
Selbftthätige Regelung.

Sie kann auf Grund der Temperaturbeobachtung der Heizkammer, des Heizwaffers oder der Dampffpannung ftattfinden, und zwar mittels der Hand oder felbftthätig.

Da eine beftimmte Gröfse der Feuerftelle nur unvollkommen in gröfserem Mafse wechfelndem Brennftoffverbrauche dienen kann, fo entfchliefst man fich vielfach dazu, fo lange fie unter Auffpeicherung der überfchüffigen Wärme ihren Abmeffungen entfprechend zu benutzen, bis die für einen beftimmten Zeitabfchnitt, z. B. 24 Stunden, erforderliche Wärme entwickelt ift, und darauf das Feuer verlöfchen zu laffen. Dies ift die wefentlichfte Veranlaffung für das Heizen mit aufgefpeicherter Wärme. Hat man fich für daffelbe einmal entfchieden, fo werden wohl Feuerftelle und Wärmefpeicher fo viel erweitert, dafs das Feuer überhaupt höchftens vom frühen Morgen bis zum fpäten Abend im Betrieb zu fein braucht.

Innerhalb mäfsiger Grenzen läfft fich jedoch jede Feuerftelle für verfchiedene Brennftoffmengen bei guter Brennftoffausnutzung verwenden. Um diefe Grenzen nicht überfchreiten zu müffen, zerlegt man die Feuerftelle, bezw. die mit ihr verbundenen Feuerluftheizungsöfen oder Waffererwärmer, auch Dampfentwickler, in mehrere Theile und benutzt zur Zeit nur fo viel davon, wie dem Wärmebedarf etwa angemeffen ift. Die gebräuchlichfte Zerlegung ift die in zwei Theile, im Verhältnifs 1 : 2, fo dafs die einzelnen Feuerftellen $\frac{1}{3}$, bezw. $\frac{2}{3}$ und beide zufammen $\frac{3}{3}$ des höchften Wärmebedarfes zu liefern im Stande find. Auch wird die Zerlegung im Verhältnifs 1 : 2 : 4, welche $\frac{1}{7}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{3}{7}$, $\frac{4}{7}$, $\frac{5}{7}$, $\frac{6}{7}$ und $\frac{7}{7}$ zu benutzen geftattet, angewendet. Bei Anlagen, welche aus anderen Gründen eine gröfsere Zahl Feuerftellen verlangen, werden diefe unter fich gleich gemacht.

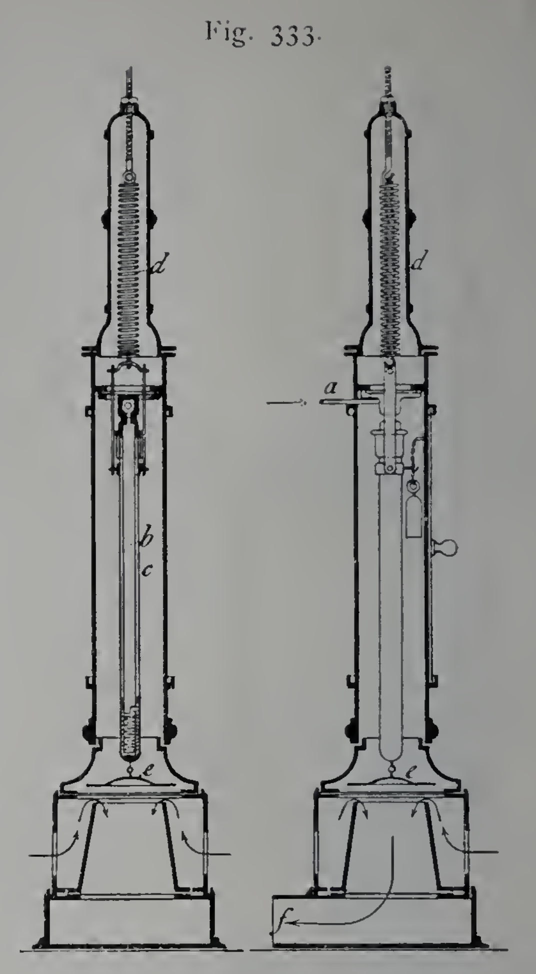
Es find nun neuerdings zahlreiche Einrichtungen erdacht, welche eine felbftthätige Regelung des Feuers auf Grund der oben angegebenen Umftände: Temperatur der Heizkammer, des Heizwaffers oder der Dampffpannung, ermöglichen. Die Regelung wird bisher ausfchliefslich durch Befchränken des Luft-Zutrittes bewirkt, bedingt alfo fchwer vergafenden Brennftoff (Coke) und rafche Abfuhr der Wärme, weil anderenfalls zeitweife unvollftändige Verbrennung (Kohlenoxydgasbildung) in erheblichem Grade eintreten würde.

Soll die Temperaturänderung der Luft oder des Waſſers die Regelung bewirken, ſo kann nur die Dehnung feſter oder flüſſiger Stoffe als Mittelglied in Frage kommen. Man macht bisher hiervon wenig Gebrauch, weſshalb die Angabe einiger Quellen [244]) an Stelle eingehender Beſchreibung treten mag.

Viel leichter, als auf Grund des Temperaturwechſels, iſt die Regelung der Luft-Zufuhr ſelbſtthätig durch den Dampfdruck auszuführen. Dieſer liefert eine ziemliche Kraft, welche längs eines gröſseren Weges dem vorliegenden Zwecke dienſtbar gemacht werden kann. Als zweites vermittelndes Glied dient ein vor oder in der Leitung, welche das Feuer mit Luft verſorgt, angebrachtes Ventil oder eine Klappe. Zuerſt hat ſich der Zugregler von *Bechem & Poſt* eingeführt; er iſt noch heute der verbreitetſte.

Fig. 333 ſtellt denſelben in ſeiner gegenwärtigen Geſtalt dar.

Fig. 333.



Selbſtthätiger Regler von *Bechem & Poſt.*

Der Canal f führt die durch Schlitze des Ständerfuſses eingetretene Luft dem Feuer zu; die Ventilplatte e hat den Zweck, den Luft-Zutritt bei ſteigender Dampfſpannung zu verengen. Zu dieſem Zwecke hängt ſie an der oben offenen, zum Theile mit Queckſilber gefüllten Röhre c, die ihrerſeits mittels zweier Hängeeiſen an die lange Schraubenfeder d gehängt iſt. In das Queckſilber taucht die unten offene, feſte Röhre b, welche vermöge der Röhre a mit dem Dampfraume des Dampfentwicklers in Verbindung ſteht. Es wirkt ſomit der Dampfdruck auf die Röhre c; ſteigt derſelbe, ſo drückt er c und damit e, unter Anſpannung der Feder d, nieder und ſchlieſst nach Umſtänden den Luft-Zutritt vollſtändig ab. Im rechts liegenden Theile von Fig. 333 bemerkt man ein an den Ständer gehängtes Gewicht, welches man an einen kleinen Arm der Röhre c hängt, ſobald der Luft-Zutritt zum Feuer dauernd abgeſperrt werden ſoll. Werthvoll iſt an dieſem Regler ſeine Unzugänglichkeit für unbefugte Hände; die angedeutete Schiebethür iſt mit Schloſs verſehen.

Käuffer & Co. in Mainz benutzen das aufſteigende Waſſer der Standröhre unmittelbar zum Beſchränken des Luft-Zutrittes; ſie pflegen die gleiche Einrichtung auch für den Rauchab-

Fig. 334.

Selbſtthätiger Regler von *Käuffer & Co.* in Mainz.

[244]) Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1884, S. 718; 1887, S. 913; 1888, S. 779.

zug anzuwenden. Fig. 334 ftellt den Zugregler in feiner paarweifen Anordnung dar.

Die beiden Regler *d* und *e* find mittels der Röhren *b* und *c*, bezw. *a* mit dem Wafferraume des Keffels in freier Verbindung. Sie beftehen aus zwei Gefäfsen, deren Hohlräume indeffen nur oben durch eine Scheidewand von einander getrennt find, während in den unteren Hohlräumen auf etwa $^4/_5$ der Höhe ein 5 cm weiter Schlitz diefer Wand eine freie Verbindung herftellt, durch welche — beim Regler *d* — die zum Feuer zu leitende Luft, bezw. — beim Regler *e* — der vom Keffel kommende Rauch ftrömt. Sobald jedoch der Dampfdruck gröfser wird, fteigt das Waffer in den Reglern empor, verengt den Schlitzquerfchnitt und hemmt dadurch den Zug. Ueber dem Regler für den abziehenden Rauch ift eine Droffelklappe angebracht, um diefen nach Umftänden unbehindert in den Schornftein gelangen zu laffen.

Ein dritter hierher gehöriger Regler wurde bereits in Art. 329 (S. 308) befchrieben.

Ueber die zahlreichen, aufserdem theils im Gebrauch befindlichen, theils vorgefchlagenen Zugregler, welche den Dampfdruckwechfel benutzen, geben die unten genannten Quellen [245]) Auskunft.

b) Erkennung der Zuftände.

359. Mittel zur Erkennung.

So weit die Regelung im geheizten (bezw. gekühlten) Zimmer ftattfindet, bedient man fich zur Beobachtung der Temperaturen der gewöhnlichen Thermometer. Der Feuchtigkeitszuftand kann — es ift dies wenig gebräuchlich — unter Benutzung eines der in Art. 134 (S. 127) befchriebenen Feuchtigkeitsmeffer erkannt werden. Den Luftwechfel beobachtet man, fowohl wenn die Regelung im zu lüftenden Zimmer, als auch, wenn derfelbe aufserhalb des letzteren ftattfindet, durch ftatifche Luftgefchwindigkeitsmeffer (fiehe Art. 204 u. 205, S. 185 u. 186) oder auch gar nicht.

Soll die Temperatur an einem aufserhalb des zu heizenden (oder zu kühlenden) Raumes gelegenen Orte geregelt werden, fo find Fernthermometer anzuwenden.

Man bringt z. B., wenn die Bedienung vom Vorraume aus ftattfindet — vielleicht an der Thür — ein Queckfilber-Thermometer fo an, dafs daffelbe von der Zimmerluft frei befpült und von aufsen beobachtet werden kann, ohne dafs der draufsen ftehende Wärter in das Zimmer zu blicken vermag. Liegt aber die Bedienungsftelle entfernter, fo verurfacht die Beobachtung derartiger Thermometer zu viel Zeitaufwand.

360. Bewegliche Thermometer.

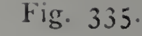
Recht zweckmäfsig ift für die vorliegende Aufgabe die durch Fig. 335 wiedergegebene Thermometer-Anordnung.

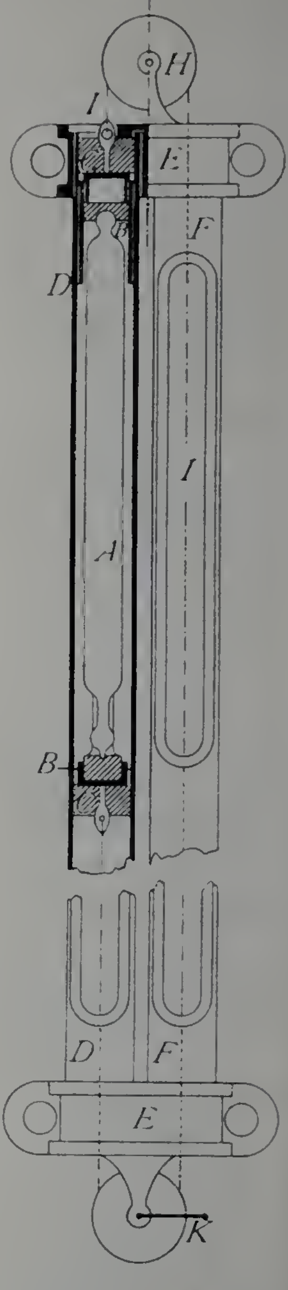
A bezeichnet ein gewöhnliches Queckfilber-Thermometer, welches, unter Vermittelung zweier Korkftücke, in der Faffung *B* ruht. Die Faffung hängt an einer Kette *I*, die über eine obere Rolle *H* gelegt ift, an der rechten Seite der Figur ein das Gewicht des gefafften Thermometers ausgleichendes Gegengewicht trägt, um eine untere Rolle mit Handkurbel *K* fich legt und fchliefslich am unteren Ende der Thermometerfaffung *B* befeftigt ift. Die Kette, das Thermometer und das Gegengewicht befinden fich in zwei fchmiedeeifernen Röhren *F*, welche durch die Köpfe *E* unter einander und mit der Wand des Gebäudes verbunden find; fie find oben und unten durchbrochen, theils um das Thermometer oben und unten beobachten zu können, theils um ein befferes Ausfehen zu gewähren. Mit Hilfe der unteren Rolle *K* vermag nun der Heizer das regelmäfsig im Zimmer befindliche Thermometer bequem und rafch nach unten zu bewegen, um die oben herrfchende Temperatur abzulefen. Theils um das Thermometer vor gefährlichen Erfchütterungen zu fchützen, theils um Geräufch zu vermeiden, theils um zu verhüten, dafs die Gerüche des Raumes, in welchem der Wärter beobachtet, nach oben gelangen, find Gummipuffer *C* fowohl an der Thermometerfaffung, als auch am Gegengewicht angebracht. Die fchmiedeeifernen Röhren *F* find nur 25 mm weit und können daher ohne Schwierigkeit untergebracht werden; in der Regel gelingt es

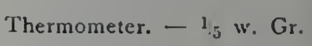
---

[245]) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1886, S. 670; 1888, S. 777. — Gefundh.-Ing. 1888, S. 221.

auch, das Ganze fo aufzuftellen, dafs fowohl das obere Ende deffelben an geeigneter Stelle des betreffenden Zimmers, als auch das untere Ende fich an einem vom Wärter bequem zu erreichenden Orte befinden.


Fig. 335.




Thermometer. — 1/5 w. Gr.

Man wirft diefer Anordnung vor, dafs die beobachtete Temperatur eine andere fei, als die wirklich vorhandene. Wenn dies auch zugegeben werden mufs, fo ift doch dagegen zu bemerken, dafs der Unterfchied ein fehr geringer ift, fonach unbedenklich vernachläffigt werden kann.

361. Anwendung von Spiegeln.

Fifcher & Stiehl haben ein Patent [246]) genommen, welches die Beobachtung des im Zimmer hängenden Thermometers Seitens eines in einem tiefer liegenden Gefchofs befindlichen Wärters unter Vermittelung zweier in dem Luftleitungs-Canal oder einem befonderen Schacht angebrachten Spiegel zum Gegenftande hat. Neben dem Thermometer haben die Patentinhaber ein *Auguft*-fches Pfychrometer angebracht, fo dafs gleichzeitig der Feuchtigkeitsgehalt beobachtet und hiernach Seitens des Wärters geregelt werden kann. Bedenken gegen die Benutzung des *Auguft*'fchen Pfychrometers Seitens ungeübter Perfonen habe ich fchon in Art. 134 (S. 128) genannt; man würde jedoch ein anderes Hygrofkop anbringen können, ohne an der grundfätzlichen Anordnung zu ändern. Gegen diefe ift das Bedenken geltend zu machen, dafs die Spiegel verftauben werden und alsdann ein undeutliches Bild liefern, dafs ferner die Beobachtung nur dann möglich ift, fo lange eine gute Beleuchtung des betreffenden Zimmers ftattfindet. Praktifche Erfahrungen müffen zunächft gemacht werden, bevor von einer Empfehlung der vorliegenden Einrichtung die Rede fein kann.

362. Aenderung des Luftdruckes u. f. w.

Viel verfprechend ift das Fernthermometer, welches den Temperaturwechfel durch Aenderung des Druckes eingefchloffener Luft oder eines anderen Gafes anzeigt. In dem Raume, deffen Temperatur man beobachten will, wird ein Gefäfs, vielleicht eine entfprechend verzierte Hohlkugel, angebracht, welche mittels einer engen Röhrenleitung mit einem am Beobachtungsorte befindlichen Druckmeffer in Verbindung fteht [247]).

363. Benutzung des galvanifchen Stromes.

Endlich ift der galvanifche Strom als Uebermittler der Temperatur-Anzeigen zu nennen. Zu diefem Ende befindet fich in dem betreffenden Zimmer ein Thermometer, welches einen Strom fchliefst, fobald die Temperatur ein gewiffes Mafs überfchritten hat, und einen anderen Strom fchliefst, fobald die zuläffig niedrigfte Temperatur unterfchritten wird. Jede Leitung fteht mit je einer Drahtfpule in Verbindung, welche auf die beiden Enden eines doppelarmigen Hebels wirken, fo dafs nach Schliefsung des einen Stromes (zu warm) der Hebel an dem einen, nach Schliefsung des anderen Stromes (zu kalt) derfelbe am anderen Ende fich fenkt.

Zu diefem Zwecke find mehrere Thermometerarten im Gebrauch.

Die eine benutzt die Ausdehnung des Weingeiftes; fie wird vom Eifenwerk Kaiferslautern vertrieben. Eine **U**-förmig gebogene Glasröhre ift in ihrem unteren Ende mit Queckfilber gefüllt; die beiden

246) D. R.-P. Nr. 8118.

247) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 718.

lothrechten Schenkel ſind an ihren Enden zu länglichen Gefäſsen ausgebildet, von denen das eine oben dicht geſchloſſene mit Weingeiſt vollſtändig gefüllt iſt, während das andere weniger Weingeiſt enthält.

Bei entſprechend niedriger Temperatur befinden ſich die Endflächen des **U**-förmigen Queckſilberfadens in gleicher Höhe; wachſende Temperatur dehnt den Weingeiſt aus und veranlaſſt hierdurch den im ganz gefüllten Gefäſs eingeſchloſſenen Weingeiſt auf die mit ihm in Berührung ſtehende Fläche zu drücken, wodurch dieſe auf ein gewiſſes Maſs nach unten geſchoben wird, während das Ende des anderen Schenkels ſteigt. In die oberen Abſchluſsſtücke der Gefäſse ſind Platindrähte geſchmolzen, deren Enden bis zu einer beſtimmten Tiefe herabragen, ſo daſs bei der als niedrigſt bezeichneten Temperatur der Queckſilberſpiegel mit demjenigen Drahte in Berührung tritt, welcher in dem ganz gefüllten Gefäſs ſich befindet, während bei der höchſten zugelaſſenen Temperatur der andere Draht das andere Queckſilber berührt. Ein dritter Platindraht iſt in den unteren Theil der Röhre ſo eingeſchmolzen, daſs er immer vom Queckſilber berührt wird. Die beiden oberen Drähte ſtehen nun mit dem unteren in Verbindung; auch iſt in jede der beiden ſo entſtehenden Leitungen eine galvaniſche Batterie eingeſchaltet. Die Wirkſamkeit des Ganzen iſt ſonach leicht zu überſehen.

Statt dieſes Thermometers werden Metallthermometer verwendet. Sie beſtehen aus zwei auf einander gelötheten Metallſtreifen, die ſich verſchieden ausdehnen und welche entweder in Spiralgeſtalt oder einfacher **U**-förmig gebogen ſind. Das eine Ende des doppelten Metallſtreifens wird befeſtigt, ſo daſs das andere Ende in Folge des Temperaturwechſels ſich bewegt. Man legt daſſelbe zwiſchen die Spitzen zweier Schrauben, welche ſo eingeſtellt werden, daſs die Berührung derſelben mit dem Metallſtreifen bei der niedrigſten, bezw. höchſten Temperatur eintritt.

Man wirft den Metallthermometern vor, daſs ſie ſich in ihrem Verhalten ändern. Dies muſs zugegeben werden; jedoch iſt dagegen geltend zu machen, daſs ſie ſehr leicht, durch Drehen der Contactſchräubchen, geregelt werden können.

Man wendet ferner gegen dieſelben ein, daſs der Contact nicht immer eintrete. In der Hannoverſchen Hochſchule ſind gegen 70 ſolcher Thermometer (von *Pfaff* daſelbſt) im Gebrauche; nachdem die Contactflächen regelmäſsig wöchentlich abgeſtäubt werden, verſagen die Thermometer nicht mehr.

Dagegen gelingt der Contact bei dem vorgenannten Weingeiſtthermometer nur unſicher, wie ich durch vielfache Verſuche mit einem ſolchen gefunden habe; die Queckſilberfläche weicht zuweilen, eine Höhlung bildend, von der Platinſpitze zurück, ſo daſs der Contact erſt erfolgt, nachdem die Temperaturgrenzen längſt überſchritten ſind. Dies kann vermieden werden, wenn man den Strom für jede Beobachtung einſchaltet.

Oben wurde erwähnt, daſs in jede der beiden Leitungen jedes Thermometers eine galvaniſche Batterie einzuſchalten ſei. Man gebraucht jedoch nicht doppelt ſo viel Batterien, als Thermometer; vielmehr können ſämmtliche galvaniſche Uebermittler der Temperatur-Anzeige eines ziemlich groſsen Hauſes ſehr wohl durch zwei kleine Batterien geſpeiſt werden. Die einzelnen Galvanometer ſind nämlich in der Regel ausgeſchaltet; ſobald der Wärter erfahren will, ob die Temperatur in einem beſtimmten Raume zwiſchen den feſt geſtellten Grenzen ſich befindet, ſo ſchaltet derſelbe das betreffende Galvanometer durch einen der bekannten Stromeinſchalter ein, benutzt alſo für dieſes allein die vorhandene Stromſtärke.

Seitens einiger Fachleute wird dieſes Verfahren nicht beliebt, vielmehr durch entſprechend ſtarke Batterien die Möglichkeit gegeben, daſs nicht allein jedes Galvanometer fortwährend mit der Batterie in Verbindung ſteht, ſondern auch eine Lärmglocke ſich hören läſſt, ſobald irgendwo die vorgeſchriebenen Temperaturgrenzen überſchritten werden. Abgeſehen davon, daſs hierdurch die Anlage- und Unterhaltungskoſten weſentlich vermehrt werden, iſt noch gegen dieſes Verfahren einzuwenden, daſs der Wärter nothwendig verwirrt werden muſs, ſobald gleichzeitig an verſchiedenen Stellen des Hauſes Lärmglocken ertönen.

Gewöhnliche Thermometer, denen Platindrähte in verſchiedener Höhe eingeſchmolzen ſind, erſtatten den Bericht über eben ſo viele Temperaturen [248]).

Die Beobachtung der Temperaturen unter Vermittelung der ſoeben kurz beſchriebenen elektriſchen Leitungen iſt nicht von dem Uebelſtande frei zu machen, daſs der Wärter über die thatſächlich herrſchenden Temperaturen im Unklaren iſt. Er weiſs, daſs die Temperaturen zwiſchen den vorgeſchriebenen Grenzen liegen, bezw. dieſelben nach der einen oder anderen Seite überſchritten haben; es iſt ihm jedoch unbekannt, um wie viel der betreffende Raum zu warm oder zu kalt iſt, bezw. ob derſelbe die mittlere Temperatur beſitzt, oder im Begriffe ſteht, zu warm

---

248) Siehe: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 700.

oder zu kalt zu werden. Dies erschwert die nach den erhaltenen Berichten vorzunehmende Regelung ungemein. So lange es möglich ist, das zuerst genannte wandernde Thermometer (Fig. 335), das Luftthermometer oder die *Fischer & Stiehl'*sche Anordnung (so fern sich diese bewähren sollte) anzuwenden, so lange sollte man von der elektrischen Berichterstattung absehen.

Ueber andere Mittel zum Beobachten der Zustände siehe die unten genannte Quelle [249]).

c) Ausführung der Regelung.

364.
Regelung im zu heizenden Raume.

Die Regelung kann vom zu heizenden (bezw. zu kühlenden Raume aus, vom Vorraume aus oder aus gröfserer Entfernung stattfinden. Es mögen im Folgenden die hierbei in Frage kommenden Umstände, bezw. die Vortheile und Nachtheile der verschiedenen Verfahren kurz erörtert werden.

1) Regelung im zu heizenden Raume selbst. Hierzu erwähne ich zunächst, dafs es in den Augen vieler Menschen als ein grofser Vortheil des gewöhnlichen Stubenofens angesehen wird, dafs man denselben nach Laune oder nach persönlichem Befinden, vielleicht auch nach Gewohnheit, beliebig anzustrengen vermag, entweder, indem man dem Dienstthuenden für den Zweck Anweisungen giebt oder sich der Bedienung des Ofens selbst unterzieht. Die schweren Nachtheile des Stubenofens, die Unregelmäfsigkeit der Temperatur, der ungenügende Luftwechsel, der Schmutz, welcher vom Brennstoff, von der Asche und vom Rufs herrührt, die Störungen in der Arbeit, der Aerger über nicht nach Befehl ausgeführte Bedienung, ja der gelegentliche Schnupfen verschwinden gegen das Hochgefühl, auch über den Zustand der Temperatur des Zimmers frei verfügen zu können.

Man wird in vielen Fällen diesen Ansichten Rechnung tragen müssen, indem man die Regelung der Wärmeabgabe der besseren Heizungs-Anlage eben so in die Hand jeder Person legt, welche im betreffenden Raume Herr ist, d. h. man wird sie häufig in dem Raume selbst stattfinden lassen müssen. Man legt die betreffenden Heizflächen zu diesem Ende in den zu heizenden Raum selbst (örtliche Heizung), in Fensternischen, Wandnischen, an die Paneele oder in besondere Heizschränke. Alsdann ist die Regelung auf jedem der vorhin genannten Wege möglich. Der Heizer hat nur dafür zu sorgen, dafs die Spannung des Dampfes, bezw. die Temperatur des Wassers innerhalb bestimmter Grenzen bleiben.

Da die selbstthätigen Zugregler (siehe Art. 358, S. 343) die letztgenannte Thätigkeit übernehmen, so findet bei örtlichen Heizungen, welche mit selbstthätigen Zugreglern ausgerüstet sind, thatsächlich die gesammte willkürliche Regelung vom zu heizenden Raume aus statt. Dieser Umstand dürfte vorwiegend die ungewöhnlich rasche Einführung der Niederdruck-Dampfheizungen herbeigeführt haben.

Man vermag aber auch die Heizflächen in Kammern zu legen, welche sich in einem anderen Geschofs befinden. Die Regelung der Wärmeabgabe findet dann statt, indem man die Bewegung der Luft längs der Heizflächen beschränkt, namentlich durch Mischklappen, oder die Heizflächen nach Art von Fig. 332 (S. 343) verkleinert. Die Regelung durch Beschränkung des Wasserumlaufes, bezw. des Dampfeintrittes ist in diesem Falle nahezu unmöglich; aber auch die anderen Regelungsverfahren bieten nicht selten Schwierigkeiten, da die Luftklappen, welche in Zimmerhöhe angebracht sind, eine die Temperatur des Raumes regelnde Wirkung, aus leicht zu

[249]) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 718.

überſehenden Gründen, nicht ſofort hervorbringen, die tieſer liegenden Miſchklappen und ähnliche Einrichtungen aber zuſammengeſetzte Kettenzüge u. ſ. w. verlangen, welche leicht in Unordnung kommen. Es iſt daher meiſtens die Aufſtellung der Heizflächen im Inneren der Räume zu empfehlen, ſobald man hier die Regelung der Wärmeabgabe vornehmen will.

365. Regelung vom Vorraume.

2) Regelung von einem Vorraume aus. Dieſelbe muſs der erſtgenannten vorgezogen werden, ſo weit die Bewohner der Räume ſich der Arbeit des Regelns nicht unterziehen wollen oder können. Unterrichtsräume, Sitzungsſäle, Geſellſchaftszimmer, Gefängniſſe u. ſ. w. gehören zu denjenigen Räumen, welche ſich zu einer Regelung der Wärme von auſsen eignen. Die Heizflächen müſſen alsdann ihren Ort an derjenigen Wand erhalten, welche den zu heizenden Raum gegen den Vorraum abgrenzt. Im Uebrigen zerlegt ſich die Regelung in dieſelben beiden Theile, welche früher genannt wurden; man muſs, wenn ſelbſtthätige Zug-, bezw. Verbrennungsregler verſchmäht werden, beſondere Mannſchaften für die Entwickelung der Wärme, bezw. Ueberführung derſelben an Waſſer, ſo wie für die Bedienung der etwaigen Kraftquellen der Lüftung haben und — räumlich hiervon getrennt — beſondere Wärter für die Regelung der Wärmeabgabe anſtellen.

366. Regelung im Kellergeſchoſs.

Um bei gröſseren Anlagen die Wartung der Heizung und Lüftung gleichſam in eine Hand zu legen, wählt man die

3) Regelung vom Kellergeſchoſs aus. Hier befinden ſich die Feuerſtellen; von hier kann eine und dieſelbe Perſon ſowohl die Bedienung des Feuers, die Erwärmung des Waſſers, bezw. die Entwickelung des Dampfes und auch die Regelung der Wärmeabgabe, wie diejenige der Lüftung handhaben oder doch überwachen. Alsdann iſt die Aufſtellung der Heizflächen in demſelben Geſchoſs ſelbſtverſtändlich, ſo daſs hier unten die Luft erwärmt wird, welche die Wärme in die oberen Geſchoſſe trägt.

Insbeſondere iſt die Regelung vom Erdgeſchoſs aus die empfehlenswertheſte für Luftheizungen im Allgemeinen und Feuer-Luftheizungen im Beſonderen.

367. Regelung bei gröſseren Anlagen.

Man findet nun bei manchen beſonders umfangreichen Anlagen die Einrichtung, daſs die Temperaturen, der Luftwechſel, wohl auch der Feuchtigkeitszuſtand, nach einem Zimmer gemeldet werden, in welchem der leitende Beamte ſich aufhält und von wo aus derſelbe die erforderlichen Befehle an die entſprechend aufgeſtellten Diener ſendet. Ich halte eine derartige Gliederung des Dienſtes, weil zu umſtändlich, für verfehlt und bin durch den Umſtand, daſs ich nirgends die betreffende Einrichtung in thatſächlicher Benutzung geſehen habe, in meiner Anſicht beſtärkt. Die Wärter ſollen unterrichtet genug ſein, um auf Grund der eingehenden Zeichen, welche die Zuſtände in dem betreffenden Raume kundgeben, die geeignete Regelung auszuführen. Alsdann iſt es allein zweckmäſsig, die Erkennung der in Frage kommenden Zuſtände an dem Orte zu ermöglichen, an welchem die Regelung ſtattzufinden hat, ſo daſs der Wärter ohne weiteren Aufenthalt nach den eingegangenen Nachrichten handeln kann. Will man behuf der Ueberwachung die ſämmtlichen Zuſtände auch im Zimmer des Leiters erkennbar machen, ſo iſt dem nur der Hinweis auf die Koſten entgegenzuhalten.

Man hat vorgeſchlagen, die Geſammtregelung der Temperatur, des Luftwechſels, auch der Feuchtigkeit [250]), ſelbſtthätig zu machen.

Bisher iſt über Erfolge ſolcher Verfahren noch wenig zu ſagen.

---

[250]) Siehe: Polyt. Journ, Bd. 235, S. 113.

13. Kapitel.

Heizungs- und Lüftungs-Anlagen.

368.
Grundfätze.

Jede Heizungs-, fo wie jede Lüftungs-Anlage ift nach dem Grundfatze anzuordnen, dafs der Zweck unter Aufwand der geringften Mittel erreicht werden foll. Die Erreichung diefes Zieles ift jedoch nicht leicht, da verfchiedenartige Mittel gleichzeitig zur Verwendung kommen und oft, wenn an dem einen gefpart wird, das andere in verfchwenderifcher Weife herangezogen werden mufs.

Die in Frage kommenden Mittel find:

1) die Anlagekoften,
2) die Zinfen und Abfchreibungen,
3) die Koften der Unterhaltung, bezw. der nothwendigen Ausbefferung,
4) der Brennftoff,
5) nach Umftänden die Koften für Eis, Waffer u. f. w.,
6) die Bedienung durch Heizer oder Wärter,
7) die Leitung, bezw. Beauffichtigung der Bedienung Seitens eines befonderen Beamten oder Seitens des Hausherrn.

Diefe einzelnen Mittel find zwar durchgehends in Geld auszudrücken; es dürfte jedoch fchwer fein, ihren Einflufs in eine Gleichung zufammenzufaffen, aus der man auf dem gewöhnlichen Wege die Bedingungen gewinnen kann, unter denen die Summe der Koften am kleinften ausfällt.

Den Koften würde das zu Erreichende, welches die Erhaltung, bezw. Förderung der Gefundheit, Arbeitsfähigkeit und die Annehmlichkeit der Menfchen umfafft, gegenüber zu fetzen fein, fo dafs man, vermöchte man auch diefes nicht allein in Geld auszudrücken, fondern auch in eine folche Form zufammenzuftellen, die eine rechnerifche Behandlung zuläfft, die denkbar zweckmäfsigfte Anlage durch Rechnung feft ftellen könnte.

Es ift wenig Ausficht vorhanden, jemals zu diefem Ziele zu gelangen; immerhin ift es von hohem Werthe, wenn beim Entwurf derartiger Anlagen die einzelnen genannten Punkte jederzeit im Auge behalten werden. In den folgenden Einzelbefprechungen wird auf diefelben hingewiefen werden.

a) Lüftungs-Anlagen.

369.
Trennung der Lüftung von der Heizung.

Es ift die Frage angeregt worden, ob es nicht zweckmäfsig fei, die Lüftung von der Heizung zu trennen[251]; namentlich ift hierfür die gröfsere Sicherheit des Betriebes geltend gemacht. In erfter Linie möchte ich die Koftenfrage beleuchten. Wenn die Temperatur der eintretenden Luft nicht höher als 40 Grad werden foll, fo gebraucht man bei — 20 Grad Temperatur des Freien und + 20 Grad im Inneren des Raumes je 40 Wärmeeinheiten zur Erwärmung der Luft bis zur Zimmer-Temperatur, fo oft 20 Wärmeeinheiten zum Erfatz für die durch die Einfchliefsungsflächen des Zimmers verloren gehende Wärme benutzt werden. In fehr vielen Fällen erfordert nun die Reinhaltung der Luft keine fo grofse Luftmenge, als nöthig ift, um auf dem vorliegenden Wege die durch die Einfchliefsungsflächen verloren gehende Wärme heranzufchaffen. Man fpart daher an Brennftoff, wenn letztere durch Umlaufs-Heizung geliefert wird, während nur fo viel frifche Luft bis zur Zimmer-Temperatur erwärmt

---

[251] Siehe: RIETSCHEL, H. Ueber Schulheizung. Berlin 1880.

wird, wie zur Lüftung in Ausficht genommen ift. In diefen Fällen ift daher mit der Trennung der Lüftung von der Heizung eine Erfparnifs an Brennftoff verbunden. Die Zahl der Tage, an welchen die freie Luft fehr kalt, bezw. fo kalt ift, dafs eine folche Brennftofferfparnifs eintritt, bildet nur einen kleinen Theil der Tage, an welchen überhaupt geheizt wird. Um ein ficheres Urtheil über die Höhe der Erfparnifs zu haben, mufs man daher, auf Grund der Temperaturfchätzung der in Frage kommenden Tage für den befonderen Ort, die Gefammterfparnifs feft ftellen und diefe den etwaigen Mehrkoften der Anlage, bezw. den hieraus erwachfenden Zinfen, Abfchreibungsfummen und Ausbefferungskoften gegenüber halten und endlich die oben unter 6 und 7 genannten Koften berückfichtigen. Die Heizflächengröfse ift diefelbe bei Trennung der Lüftung von der Heizung, wie bei der Nichttrennung, fo fern gleiche Luftmengen nöthig find. Die Einrichtungen für die Regelung werden jedoch vermehrt und fonach die hierher gehörenden Koften gröfser, wenn die Lüftung von der Heizung getrennt wird. Was nun endlich die Bedienung betrifft, fo ift nicht zu leugnen, dafs der Wärter fich leichter ein Urtheil über die richtige Einftellung der Klappen, Schieber, Hähne u. f. w. bilden kann, wenn das Eine nur dem einen, das Andere nur dem anderen Zwecke dient. Jedoch ift die Wärmemenge, welche die frifche Luft erfordert, eben fo wechfelnd, wie die Wärmemenge, welche zur Erhaltung der Wärme im zu heizenden Raume erforderlich ift. Man wird daher aus der Trennung der Lüftung von der Heizung fehr felten eine Erfparnifs an Bedienungskoften zu gewinnen vermögen.

Alles zufammengenommen, dürfte die Entfcheidung über die vorliegende Frage lauten: fie ift in jedem einzelnen Falle befonders zu erörtern[252]).

370. Saug- und Drucklüftung.

In Kap. 6 u. 7 wurden die verfchiedenen Mittel zum Heranbefördern und Fortfchaffen der Luft befprochen; fie beftehen im Eindrücken — Drucklüftung — und Abfaugen — Sauglüftung — derfelben. Die richtigfte Anordnung der Lüftungs-Anlagen befteht zweifellos darin, dafs man durch das eine Mittel diejenigen Widerftände überwindet, welche in den Einführungsleitungen, und mit dem anderen diejenigen, welche in den Abführungs-Canälen auftreten, fo dafs die Luftfpannung in den Zimmern gleich derjenigen des Freien ift. Sie wird denn auch häufig verwendet. Kleinere Anlagen verurfachen wegen geringer Canallänge geringe Widerftände, fo dafs der Druckunterfchied zwifchen dem Freien und dem zu lüftenden Raume ein geringer wird, felbft wenn man beide in Frage kommende Widerftandsfummen entweder durch Drucklüftung oder Sauglüftung allein überwindet. Dies wird um fo lieber benutzt, als die doppelte Anlage die Koften des Baues und Betriebes erheblich vermehrt. Ja felbft bei umfangreicheren Anlagen entfcheidet man fich nicht felten aus Sparfamkeitsgründen für reine Drucklüftung (Pulfions-Ventilation) oder reine Sauglüftung (Afpirations-Ventilation). Es ift dies unter Umftänden recht wohl zu rechtfertigen. Beifpielsweife finde die Luft-Zufuhr auf kurzem, wenig Widerftände bietenden Wege ftatt, während die Sammlung der Ableitungs-Canäle, bezw. die Abfuhr der Luft nach einem gemeinfchaftlichen Orte grofse Widerftände hervorbringt. Alsdann wird man unbedenklich die Luft an diefem Orte abfaugen, bezw. einen folchen Unterdruck erzeugen können, dafs der Druck der freien Luft die Einfuhr derfelben veranlafft. Die reine Drucklüftung ift dagegen am Orte, wenn die Ableitungs-Canäle kurz find, bezw. wenig Widerftand

252) Vergl.: WEISS. Die Trennung der Ventilation von der Heizung. Gefundh.-Ing. 1881, S. 1.

bieten. Da Letzteres leichter zu erreichen ift, als Erfteres, indem die Einrichtungen für die Reinigung der Luft erhebliche Widerftände hervorbringen, fo ift im Allgemeinen die Drucklüftung häufiger zu verwenden, als die Sauglüftung. Jene erfordert aber, wenigftens während der wärmeren Jahreszeit, eine Betriebsmafchine und wird aus diefem Grunde häufig durch die Sauglüftung erfetzt, wenn auch die angegebenen Vorbedingungen für diefe nicht vorhanden find. Alsdann müffen felbftredend Unannehmlichkeiten zu Tage treten.

Im Winter ergiebt fich das gleichzeitige Saugen und Drücken durch den Auftrieb der Luft von felbft, keineswegs aber im richtigen Verhältnifs zu einander, wefshalb forgfältige Regelung erforderlich ift, um zu verhindern, dafs die Luft in mehr oder weniger unangenehmer Weife durch die Poren der Wände, Undichtheiten der Fenfter und Thüren u. f. w. ftrömt. Diefe Regelung ift felten fo vollftändig durchzuführen, dafs jeder Druckunterfchied in benachbarten Räumen aufhört. Ein folcher Druckunterfchied veranlafft aber das Ueberftrömen der Luft des einen Raumes in den benachbarten.

Man foll daher bei Drucklüftung diejenigen Räume, in welchen befonders viele oder befonders gefährliche Luftverunreinigungen entwickelt werden (Aborte, Bedientenzimmer, Rauchzimmer, gewiffe Krankenzimmer u. f. w.), mit verhältnifsmäfsig weniger Luft verforgen, damit in ihnen ein geringerer Druck herrfcht, als in den benachbarten Räumen; man foll dagegen aus demfelben Grunde bei Sauglüftung diefe auf die genannten Räume befonders kräftig wirken laffen. Dies wird leider fehr häufig überfehen.

Handelt es fich um den Schutz folcher Räume, in welchen nur gutartige Luft vorkommt, gegen das Eindringen beläftigender Luft aus benachbarten Räumen, fo liegt die ficherfte Löfung der Aufgabe in der Anwendung der Drucklüftung für erftere, der Sauglüftung für letztere.

In diefem Sinne ift es allgemein gebräuchlich geworden, die Aborte durch befondere Saugfchornfteine zu lüften, die — da es fich um kleine Luftmengen handelt — mittels Leuchtgas oder auch Erdöl geheizt werden. Man geht in der Verfolgung des vorliegenden Gedankens fo weit, dafs man die Abfaugung nur unter dem Sitzbrett, bezw. am Rande des Beckens ftattfinden läfft, um die riechenden Gafe an ihrer Quelle zu faffen [253]).

Soll dagegen das Ueberftrömen der Gafe von einem Raume zum anderen überhaupt verhindert werden, fo bleibt nur übrig, luftdichte Einfchliefsungsflächen anzuwenden oder die gegen einander zu fchützenden Räume in befondere von einander getrennte Gebäude zu legen. Neuere Krankenhäufer bieten hierfür bemerkenswerthe Beifpiele.

Früher machte man der Luftheizung den Vorwurf, Lufttrockenheit in den geheizten Räumen hervorzubringen; dann gelangte die richtige Anfchauung zum Durchbruch, dafs der Luftwechfel die verhältnifsmäfsige Lufttrockenheit herbeiführe (vergl. Art. 145, S. 138). Die Freunde verhältnifsmäfsig feuchter Luft haben feitdem ihr Augenmerk auf die künftliche Lüftung gerichtet, überfehen aber, dafs die zufällige Lüftung (fiehe Art. 162, S. 130) nothwendiger Weife genau diefelbe Austrocknung veranlafft, wie die künftliche. Bedingt diefe eine künftliche Luftanfeuchtung, fo ift auch bei der zufälligen Lüftung eine befondere Luftbefeuchtung unentbehrlich.

Diefer Umftand veranlafft mich noch zu folgenden Bemerkungen über die Frage, ob überhaupt die künftliche Luftbefeuchtung fich empfiehlt.

---

[253]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 808.

Man ift in der angenehmen Lage, in hohen, weiten Räumen wohnen zu können. Der Beruf zwingt dazu, während der Gefchäftszeit in der niedrigen, von zahreichen Beamten befetzten, durch mehrere Gasflammen erleuchteten Gefchäftsftube zuzubringen oder die engen Räume ärmerer Leute zu befuchen, in welchen — hier wie dort in Folge geringen Luftwechfels — die Luftfeuchtigkeit durch den maffenhaft auftretenden Fenfterfchweifs bewiefen wird. Die Hausfrau läfft vor der Heimkehr des Herrn deffen Zimmer gut heizen, auch die Fenfter einige Zeit öffnen: man tritt in das eigene Zimmer und fchlürft mit vollem Behagen die trockene, höchft ungefunde (?) Luft! Aber, da der zufällige Luftwechfel gegenüber den gasförmigen Erzeugniffen des Stoffwechfels der einen Perfon, Angefichts der Gröfse des Raumes, bedeutend ift, fo bleibt auch die Luft verhältnifsmäfsig trocken; trotzdem äufsert Niemand den Wunfch, fein Zimmer mit einem dumpfen, verhältnifsmäfsig feuchte Luft enthaltenden zu vertaufchen.

b) Heizungs-Anlagen.

Die Heizungs-Anlagen unterfcheiden fich zunächft in Bezug auf den Ort der Heizflächen; je nachdem diefelben fich in dem zu heizenden Raume oder aufserhalb deffelben befinden, fpricht man von örtlicher Heizung und von Luftheizung.

371. Oertliche Heizung.

Bei den örtlichen Heizungen ift die Frage zu erörtern, an welcher Stelle des zu heizenden Raumes die Heizflächen, bezw. die Oefen Platz finden follen. Befindet fich ein Ofen in der Mitte des Raumes, fo fteigt die von ihm erwärmte Luft auf kürzeftem Wege nach oben, breitet fich unter der Decke aus und fliefst an den Wänden nieder, und zwar an den kälteften Theilen der Einfchliefsungsflächen am entfchiedenften. In der Nähe hoher, einfacher Fenfter ift das hierdurch entftehende Gefühl des »Zuges« zuweilen unerträglich, an kalten Wänden mindeftens recht unangenehm. Legt man ftatt deffen die Heizflächen, z. B. Wafferröhren, längs der kalten Wände, fo tritt die auffteigende warme der niederfliefsenden kalten Luft entgegen und mildert mindeftens deren Einflufs. Zweckmäfsiger ift es z. B., die an den Fenfterflächen niederfinkende kalte Luft durch die Fenfterbänke hindurch fliefsen und von unten an die in den Fenfternifchen untergebrachten Heizflächen ftrömen zu laffen. Es ift auch vorgefchlagen worden, um das Unangenehme der an den Wänden auftretenden Luftftrömungen zu verhüten, am Fufse diefer Wände fchlitzartige Abluft-Oeffnungen anzubringen, welche die kalte Luft aufnehmen. Meiftens dürften die Koften diefer letzteren an fich zweifellos recht guten Anordnung zu grofs ausfallen.

Meiftens entfcheidet man fich hinfichtlich der Heizflächenlage, wegen bequemeren Unterbringens der Dampf-, Waffer-, bezw. Rauchröhren, für die Mittel-, bezw. Scheidewände zur Aufftellung der Oefen. Die Rauchröhren können bündelweife angeordnet werden, enthalten die Entruffungsöffnungen im Keller an einer und derfelben Stelle, verurfachen weniger Auswechfelungen des Gebälkes und Durchbrechungen des Daches, als wenn fie einzeln liegen, und münden ohne Weiteres an höchfter Stelle des Daches oder in deren Nähe. Die Dampf- und Wafferröhren können für mehrere Oefen gemeinfchaftlich fein, mindeftens aber neben einander laufen.

Gut ummantelte örtliche Heizungen vermögen auch gröfsere Räume von einem Ofen aus gleichmäfsig zu erwärmen; fobald jedoch der Luftquerfchnitt innerhalb des Mantels zu klein ift (vergl. Art. 338, S. 321), fo wird die Luft auf eine fehr hohe Temperatur erwärmt, und dem zufolge ift die Lufttemperatur in gröfserer Höhe des Zimmers wefentlich höher, als in geringerer Höhe. Nicht ummantelte Heizflächen bringen auch in einer und derfelben wagrechten Ebene fehr verfchiedene Temperaturen hervor; fie follten defshalb, wenn fie nicht fehr gleichmäfsig vertheilt

ſind, nur in ſolchen Räumen benutzt werden, in denen bloſs wenige Menſchen ſich aufhalten, die ihren Platz beliebig wählen können.

372. Luft-heizung.

Bei Luftheizungen benutzt man zuweilen eine und dieſelbe Heizkammer für mehrere Räume; zuweilen giebt man jedem Raume eine beſondere Heizkammer, und recht groſse Räume werden auch wohl mit mehreren Heizkammern verſehen. Das erſtere Verfahren iſt, vorſichtig ausgeführt, unbedenklich, kann aber oft zu recht ärgerlichen Uebelſtänden führen. Ich erinnere an das in Art. 247 (S. 225) über den Einfluſs des Windes auf den Druck der Luft in den Zimmern Geſagte. Werden zwei Zimmer von einer gemeinſchaftlichen Heizkammer verſorgt, von denen das eine hinter, das andere vor dem Winde liegt, ſo wird das vor dem Winde liegende Zimmer, bei entſprechend poröſen Wänden und undichten Fenſtern, weit ſchwerer erwärmt werden, als das hinter dem Winde befindliche. Nur durch gute Klappenanordnung und möglichſt unmittelbar von der Heizkammer aufſteigende Canäle iſt man im Stande, dem Einfluſs des verſchiedenen Druckes wirkſam zu begegnen. Auch verſchieden hoch liegende Zimmer, bezw. Luft Ausſtrömungs-Oeffnungen können die regelmäſsige Heizung ſtören, wie bereits in Art. 211 (S. 195) erörtert wurde. Hier kann man jedoch helfen, indem man die Mündungen der Luft-Canäle in den Heizkammern verſchieden hoch legt, alſo für das Erdgeſchoſs an höchſter Stelle der Heizkammer anbringt, während für jedes höhere Geſchoſs eine tiefere Lage, nach anzuſtellenden Verſuchen, gewählt wird. Die höher gelegenen Räume werden alsdann mit geringer erwärmter, die Erdgeſchoſsräume mit wärmerer Luft geheizt. Die erwähnten Uebelſtände treten um ſo fühlbarer auf, je gröſser der wagrechte Weg iſt, welchen man der Luft zumuthet. Man zieht daher vor, nur ſolche Räume von einer gemeinſchaftlichen Kammer zu heizen, welche durch lediglich lothrechte Canäle erreicht werden können.

Am zweckmäſsigſten iſt es jedenfalls, jedem Raume eine beſondere Heizkammer zu geben. Man vermeidet hierdurch nicht allein die genannten Uebelſtände, ſondern ſchützt ſich auch gegen Schallleitungen, deren Vermittler die Canäle und Heizkammern werden können.

373. Heizungs-arten.

Die Heizungs-Anlagen werden ferner eingetheilt in Einzelheizungen (Stubenofenheizungen, auch Local-Heizungen genannt), und in Sammelheizungen (Central-Heizungen). Erſtere bedürfen für jedes Zimmer einer oder mehrerer Feuerſtellen; letztere beſorgen von einer Feuerſtelle aus die Beheizung einer Zahl von Räumen. Durch dieſe fernere Eintheilung entſtehen folgende Heizungsarten:

1) Oertliche Heizung.

α) Einzelheizung: durch Stubenöfen, Gasöfen u. ſ. w.;

β) Sammelheizung: durch Waſſer-, Dampf-, Dampfwaſſeröfen;

2) Luftheizung, mit wenigen Ausnahmen Sammelheizung.

γ) Feuer-Luftheizung: durch unmittelbar vom Feuer erwärmte Oefen;

δ) Waſſer-Luftheizung;

ε) Dampf-Luftheizung.

Die Heizungsarten zerlegen ſich ferner in:

1) Umlaufs-Heizungen (Circulations-Heizungen) und

2) Lüftungs-Heizungen (Ventilations-Heizungen), je nachdem, wie wiederholt erwähnt, friſche Luft oder Luft des zu heizenden Raumes den Heizflächen zur Erwärmung dargeboten wird.

374. Einzel- (Local-) Heizung.

Die Einzelheizung mit ihrer grofsen Zahl von Feuerftellen erfordert viel Arbeit zu ihrer Bedienung, verurfacht durch Heranfchaffen des Brennftoffes, Fortfchaffen der Afche und das Entruffen viel Schmutz, geftattet nur eine geringe Ausnutzung des Brennftoffes und erhöht die Feuergefährlichkeit. Sie ift jedoch ohne viele Ueberlegung anzubringen und zu bedienen, in der Anlage verhältnifsmäfsig billig und verurfacht geringe Umänderungskoften, wenn man fich in der Wahl der Ofengröfse geirrt hat.

375. Sammelheizung.

Die Sammelheizungen werden von einer oder doch von nur wenigen Feuerftellen aus mit Wärme verforgt; fie ermöglichen die Anbringung zweier Rofte, fo dafs die Roftfläche dem Wärmebedarf beffer angepafft werden kann; fie geftatten eine beffere Ausnutzung des Brennftoffes, beanfpruchen weniger Bedienung, als die Einzelheizungen, und geben keine Veranlaffung zur Befchmutzung der zu heizenden Räume. Die Feuersgefahr ift mindeftens in demfelben Verhältnifs gemindert, wie die Zahl der Feuerftellen geringer ift. So fern die Sammelheizungen als örtliche Heizungen ausgeführt werden, haben fie mit der Einzelheizung die Befchränkung der Zimmergröfse und, wenn die betreffenden Heizflächen nicht ummantelt find, auch die unangenehme Strahlung gemein.

376. Feuer-, Waffer- u. Dampf-Luftheizung.

Die Luftheizungen vermeiden beide Nachtheile, indem die Heizkammern in weniger werthvollen Räumen untergebracht werden. Die Feuer-Luftheizung kann als Sammelheizung nur in fo fern dienen, als von einer und derfelben Heizkammer mehrere Räume erwärmt werden; fie ift in ihrer Verwendung als Sammelheizung fonach befchränkt. Die Waffer-Luftheizungen geftatten die Anordnung einer beliebigen Zahl von Heizkammern für eine Feuerftelle; da jedoch, bei geringer Auftriebshöhe, die Röhrenlänge der Wafferheizung befchränkt ift, fo eignet fie fich nicht zur Heizung umfangreicher Gebäude von einer Feuerftelle aus. Die Dampfheizung ift weder in der Zahl der zu ihr gehörenden Heizkammern, noch in dem Umfange ihrer Ausdehnung befchränkt; fie ift defshalb im Stande, die umfangreichften Gebäude, Gebäudegruppen, ja ganze Stadttheile von einer Feuerftelle aus mit Wärme zu fpeifen.

Die Entwickelung des Dampfes für einen Stadttheil oder doch eine Gebäudegruppe [254]) in einem Dampfkeffelhaufe und die entfprechende Vertheilung deffelben ift durch zahlreiche Anlagen diesfeits und jenfeits des Oceans dermafsen geklärt, dafs man in ficherer Weife vorzugehen vermag. Sie gewährt gegenüber der Unterbringung der Feuerftellen in den einzelnen Häufern den Vortheil, dafs nicht allein Arbeit — für die Bedienung der zahlreichen kleinen Feuer — gefpart wird, fondern auch zahlreiche Quellen für Schmutz — innerhalb der Häufer, wie auf den Strafsen — verftopft werden. Vielleicht ift daffelbe Ziel noch vollkommener durch die Gasheizung zu erreichen, über welche indeffen bisher nur fehr wenig Erfahrungen vorliegen [255]).

377. Anlagekoften.

Die Anlagekoften der Sammelheizungen find, wenn beim Entwurf der Gebäude auf fie gebührend Rückficht genommen und überall auf gleich gute Lüftung gerechnet wird, im Allgemeinen keineswegs höher, als die Anlagekoften der Einzelheizungen. Die Feuer-Luftheizungen dürften fogar, wenn alle Umftände gebührend berückfichtigt werden, in vielen Fällen nicht unbedeutend billiger, die Anlagekoften der Heifswaffer-Heizungen denen der Einzelheizungen etwa gleich fein, die Warmwaffer-Heizungen etwas theuerer werden. Die Niederdruck-Dampfheizungen erfordern

254) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 276. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 169; 1888, S. 823; 1889, S. 538.

255) Siehe: Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1881, S. 95.
SIEMENS, W. Einige wiffenfchaftlich-technifche Fragen der Gegenwart. 2. Folge. Berlin 1883. S. 36.

im Allgemeinen etwas geringere Anlagekoften, als die Warmwaffer-Heizungen, während die Hochdruck-Dampfheizungen, wenn fie einer befonderen Dampfkeffelanlage bedürfen, der für fie geforderten Sicherheitsvorrichtungen halber und wegen der Vorrichtungen zur felbftthätigen Ableitung des Waffers oft wefentlich theuerer werden, als die Einzelheizungen. Allerdings gilt dies nur unter der Vorausfetzung, dafs die Anlagen mit allem Verftändnifs ausgeführt werden.

Mir gegenüber lobte ein Hausinfpector eine gröfsere Heiz-Anlage aus dem Grunde, weil 9 Keffel vorhanden waren, aber bisher höchftens 4 Keffel nöthig gewefen wären. Aehnliche Fälle habe ich häufig beobachten können und mir hieraus das Urtheil gebildet, dafs ein grofser Theil unferer Heiztechniker nicht rechnet, wozu wohl vielfach die Fauftregeln beitragen mögen, welche in den verfchiedenen Handbüchern zu finden find.

378.
Sonftige Koften.

Die Höhe der Zinfen und Abfchreibungen fällt und fteigt etwa mit den Anlagekoften. Die Koften der Ausbefferungen und des Erfatzes fchadhaft gewordener Theile dürften bei der Feuer-Luftheizung am geringften fein, da die der gröfsten Abnutzung unterworfenen Oefen ohne jede Rückficht auf gutes Ausfehen hergeftellt werden, während die Zimmeröfen faft immer mehr oder weniger fchmückende Aufsenflächen erhalten. Sie find bei Warmwaffer- und Niederdruck-Dampfheizungen fehr gering, gröfser bei Heifswaffer-Heizungen und dürften bei Hochdruck-Dampfheizungen für diefelbe Wärmemenge denjenigen, welche die Einzelheizungen verurfachen, gleich fein.

Der gröfste Brennftoffverbrauch ift zweifellos der Einzelheizung zuzufprechen. Gebraucht diefelbe weniger, als eine gleichwerthige Sammelheizung, fo ift dies entweder darauf zurückzuführen, dafs erftere gut, letztere fchlecht ausgeführt ift und bedient wird, oder es hat als Urfache, dafs man bei Einzelheizungen, der gröfseren Mühe halber, weniger Räume heizt, als zu gefchehen pflegt, wenn von einer Feuerftelle aus, ohne nennenswerthe Steigerung der Arbeit, fämmtliche Räume des Gebäudes erwärmt werden können.

Nächft diefer braucht die Dampfheizung den meiften Brennftoff, wegen des Dampfverluftes der Leitungen. Bei einer von mir eingehend beobachteten grofsen Dampfheiz-Anlage wird — wegen viel zu weiter Leitungsröhren — in diefen durchfchnittlich eben fo viel Dampf verdichtet, als in fämmtlichen Heizkörpern. Die Anlage gilt trotzdem als Mufter!

Der Dampfheizung fchliefsen fich die Heifswaffer- und Warmwaffer-Heizung an. Die Bedienungskoften find ebenfalls bei Einzelheizungen am gröfsten, fobald eine dienftthuende Perfon die Heizung zu warten hat.

379.
Zufammenfaffung.

Aus Alledem geht hervor, dafs, vom Standpunkte der Geldfrage aus betrachtet, eine vernünftig angelegte Sammelheizung im Durchfchnitt billiger ift, als die Einzelheizung, dafs man für kleinere Anlagen die Feuer-Luftheizung, die Niederdruck-Dampfheizung oder die Wafferheizung — letztere beiden entweder als örtliche oder als Luftheizungen — für Gebäude grofsen Umfanges aber die Dampfheizung verwenden foll, übrigens in jedem befonderen Falle die näheren Umftände berückfichtigen mufs.

Die Frage, ob die Waffer- und Dampfheizung als örtliche oder als Luftheizung auszuführen ift, beantwortet fich auf Grund folgender Erwägungen. Die Unterbringung der Dampf- und Wafferröhren in den Gefchoffen verurfacht wegen der in denfelben auftretenden wechfelnden Temperaturen gewiffe Unbequemlichkeiten; fie birgt die Gefahr in fich, dafs durch Undichtwerden der Röhren, durch Gefrieren derfelben während längerer Aufserbetriebfetzung Wände und Decken durchnäfft werden. Die Luftleitung zwifchen den einzelnen Räumen und den Heizkammern ift

dagegen zuweilen fchwer unterzubringen, zuweilen gar unmöglich. Je nach den örtlichen Verhältniffen wird man unter den einander gegenüber ftehenden Uebeln das kleinfte wählen.

Räume, welche häufig längere Zeit ohne Heizung bleiben, z. B. Kirchen, find unter Vermittelung von Dampf oder Waffer in der Regel nicht zu heizen, wegen der Gefahr des Gefrierens des Waffers. Man hat andere Flüffigkeiten an Stelle des Waffers vorgefchlagen, welche weniger leicht gefrieren, z. B. eine Löfung von Chlorcalcium in Waffer, welche erft bei — 10 Grad gefriert und deren Siedepunkt erheblich über 100 Grad liegt. Auch eine Löfung von Chlorcalcium in Glycerin [256]), welche erft bei 300 bis 330 Grad fieden und bei den vorkommenden niedrigften Temperaturen nicht gefrieren foll, ift in Vorfchlag gekommen. Ich habe derartige Flüffigkeiten hier unbeachtet gelaffen, da ihre Verwendbarkeit bisher zu wenig geprüft ift.

Die Dampfheizung kann in vielen Fällen dadurch für die Heizung mit grofsen Unterbrechungen tauglich gemacht werden, dafs man jegliche Wafferfäcke in der Röhrenleitung vermeidet, mit anderen Worten dafür forgt, dafs mit dem Aufhören des Heizens fämmtliches Waffer felbftthätig in den froftfrei angelegten Dampfentwickler zurückfliefst.

Literatur

über »Heizungs- und Lüftungs-Anlagen«.

Syftème de chauffage des prifons cellulaires. Revue gén. de l'arch. 1842, S. 19.
Note relative au chauffage des prifons cellulaires. Revue gén. de l'arch. 1844, S. 192.
Ventilation des écoles, fans chauffage. Revue gén. de l'arch. 1844, S. 443.
Chauffage et ventilation des écoles et des afiles. Revue gén. de l'arch. 1844, S. 440, 442.
Chauffage des églifes. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 208.
Chauffage des ferres. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 362.
Vergleichung der verfchiedenen Heizungen unter einander. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1856, S. 35.
Ventilation of hofpitals. Builder, Bd. 14, S. 581, 624.
Ventilation des hôpitaux et des établiffements publics. Nouv. annales de la conft. 1859, S. 40.
Ventilation des falles d'afile. Revue gén. de l'arch. 1860, S. 257.
Der Civilingenieur auf der Londoner Welt-Ausftellung im Jahre 1862. e) Heiz- und Ventilations-Apparate. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1863, S. 201.
Ventilation et aérage des hôpitaux. Revue gén. de l'arch. 1864, S. 196; 1865, S. 16.
Chauffage des afiles d'aliénés. Revue gén. de l'arch. 1865, S. 114.
HERRMANN. Welche Art der Heizung empfiehlt fich für einen grofsen Saal, der nur fehr wenig benutzt wird? Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 560.
RASCH. Heizungs- und Ventilations-Anlagen für grofse Zimmer, Schulen etc. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 391.
MÖDER, K. Die Ventilation landwirthfchaftlicher Gebäude. Auf Veranlaffung des landwirthfchaftlichen Hauptvereins des Neuftädter Kreifes im Grofsherzogth. Sachfen-Weimar hrsg. Weimar 1867.
BLANKENSTEIN. Ueber die zweckmäfsigfte Heizmethode für Kirchen. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 283.
Ventilation in Tanzräumen. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 554.
Heizung und Ventilation für Tanzfäle. Deutfche Bauz. 1867, S. 143.
Ueber den Bau von Schulen, die Ventilation und die Einrichtung von Schulzimmern. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1867, S. 29.
Heizung in öffentlichen Gebäuden. Deutfche Bauz. 1868, S. 263.
BLANKENSTEIN. Ventilation in Theatern mittels des Kronleuchters. Zeitfchr. f. Bauw. 1869, S. 574.
Die Anwendungen der verfchiedenen Einrichtungen für Heizung und Ventilation. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1869, S. 286.
BERGAU, R. Die mittelalterlichen Heizvorrichtungen im Ordenshaupthaufe Marienburg. Zeitfchr. f. Bauw. 1870, S. 105.

---

[256]) Siehe: Bayer. Ind.- u. Gewbebl. 1875, S. 330.

SCHARRATH. Ueber Ventilation mit befonderer Berückfichtigung der Einrichtung in Krankenhäufern. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1870, S. 295.

Chauffage de falles d'afile. Revue gén. de l'arch. 1870—71, S. 235.

Erfahrungen über die Heizung von Gefängnifszellen. Deutfche Bauz. 1871, S. 96.

Ventilation of hofpitals for the fick by open fireplaces. Builder, Bd. 29, S. 31.

Heizung und Ventilation von Schulen. Deutfche Bauz. 1867, S. 243; 1868, S. 214; 1871, S. 407; 1872, S. 97.

Heizung von Schulgebäuden. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 78.

Ventilating double fireplace for provifional hofpitals. Builder, Bd. 30, S. 367.

Ueber die Wahl von Heizungen. Deutfche Bauz. 1873, S. 135.

Ventilation des théâtres. Revue gén. de l'arch. 1872, S. 218; 1873, S. 133.

HERTER, G. Ueber die Ventilation öffentlicher Gebäude. Viert. f. gerichtl. Med. u. öff. Sanit., Bd. 21, S. 257.

Du chauffage et de la ventilation dans les hôpitaux. Gaz. des arch. et du bât. 1874, S. 11.

De la ventilation des monuments publics. Gaz. des arch. et du bât. 1875, S. 114.

Chauffage des édifices publics. Encyclopédie d'arch. 1875, S. 38, 81, 111 u. Pl. 293.

Ventilation of improved induftrial dwellings. Building news, Bd. 28, S. 107.

WIESNEGG, V. *Notice fur les appareils de chauffage employés dans les laboratoires.* Paris 1876.

FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung gefchloffener Räume auf der internationalen Ausftellung für Gefundheitspflege und Rettungswefen in Brüffel. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 1.

FISCHER, H. Bericht über die Ausftellung von Heizungs- und Lüftungsanlagen in Caffel. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 521; Bd. 226, S. 1, 113, 217.

Ventilation für Landfchulftuben. Deutfche Bauz. 1877, S. 187.

Ventilation auf der Kaffeler Ausftellung. Deutfche Bauz. 1877, S. 333, 357, 376, 386, 396.

Ventilation der Krankenhäufer. Rohrleger 1878, S. 37.

Ventilation der Schulen. Rohrleger 1878, S. 53.

Ventilation der Theater. Rohrleger 1878, S. 70, 86, 103.

Ventilation der Kafernen. Rohrleger 1878, S. 119.

Ventilation der Gefängniffe. Rohrleger 1878, S. 120.

FISCHER. Ausftellung für Ventilations- und Heizungsanlagen in Kaffel. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878, S. 17.

Die richtige Wahl der Heizung. Mafchin.-Conftr. 1878, S. 273.

PAUL, F. Ueber Heizung und Ventilation in Unterrichtsanftalten. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 135, 151.

Ventilation of public buildings. Builder, Bd. 36, S. 359.

Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den ftädtifchen Schulgebäuden in Bezug auf ihre fanitären Einflüffe, erftattet im Auftrage des Magiftrats zu Berlin. Berlin 1879.

Heizung von Gemäldegalerie-Gebäuden. Zeitfchr. f. Bauw. 1879, S. 29.

FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung gefchloffener Räume auf der Parifer Weltausftellung. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 193, 289, 385.

PÜRZL, J. Ueber die Ventilation öffentlicher Locale. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 131.

JOLY, CH. *De la ventilation des falons. Gaz. des arch. et du bât.* 1879, S. 74.

HENDERSON. *Heating and ventilating of churches and other buildings. Iron*, Bd. 13, S. 233.

School ventilation. Plumber, Bd. 2, S. 370.

EASSIE, W. Ueber Ventilationseinrichtungen. *Sanit. record*, Bd. 10, S. 62, 78, 94, 97, 126, 142, 159, 174, 190, 207, 223, 238, 254, 270, 287, 302, 319, 334, 349, 365, 382, 399, 414; neue Folge, Bd. 1, S. 1, 35, 77, 117, 158, 238.

Unterfuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den ftädtifchen Schulgebäuden von Darmftadt. Darmftadt 1880.

KÄUFFER, P. Streifzüge durch neuere Feuerungs- und Heiz-Anlagen. Rohrl. u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 158.

SCHERRER, J. Aphorismen über Heizung und Ventilation der Schulhäufer. Schaffhaufen 1881.

RUPPERT, O. Sachliche Würdigung der in Deutfchland ertheilten Patente. Klaffe 27: Lüftungs-Vorrichtungen. Berlin 1881.

WEISS. Die Trennung der Ventilation von der Heizung in finanzieller Beziehung. Gefundh.-Ing. 1881, S. 1, 30, 57.

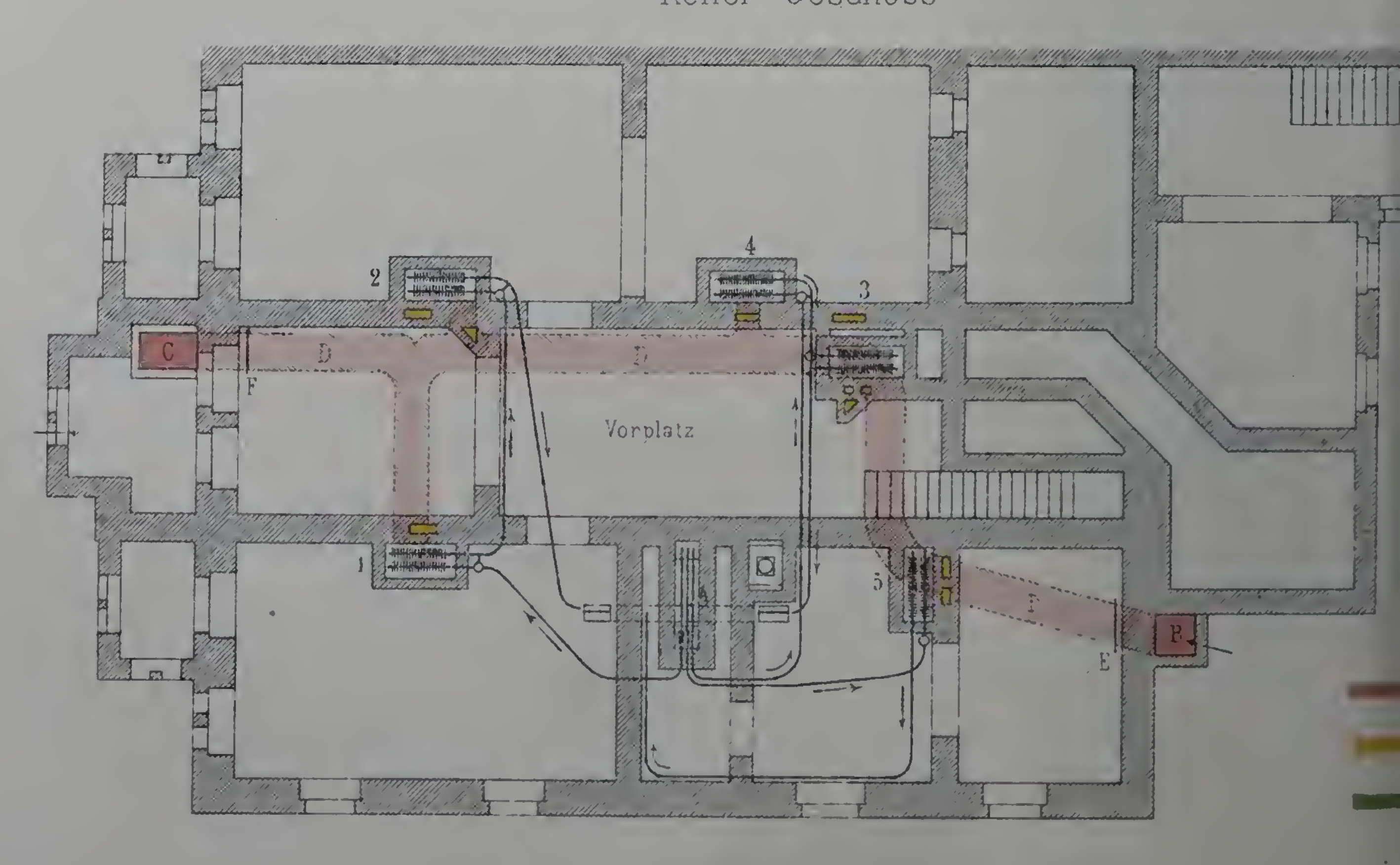
PLOSS. Sammlung von Urtheilen über Heizung und Ventilation in Schulen. Gefundh.-Ing. 1881, S. 566.



HAUS K

Längenschnitt

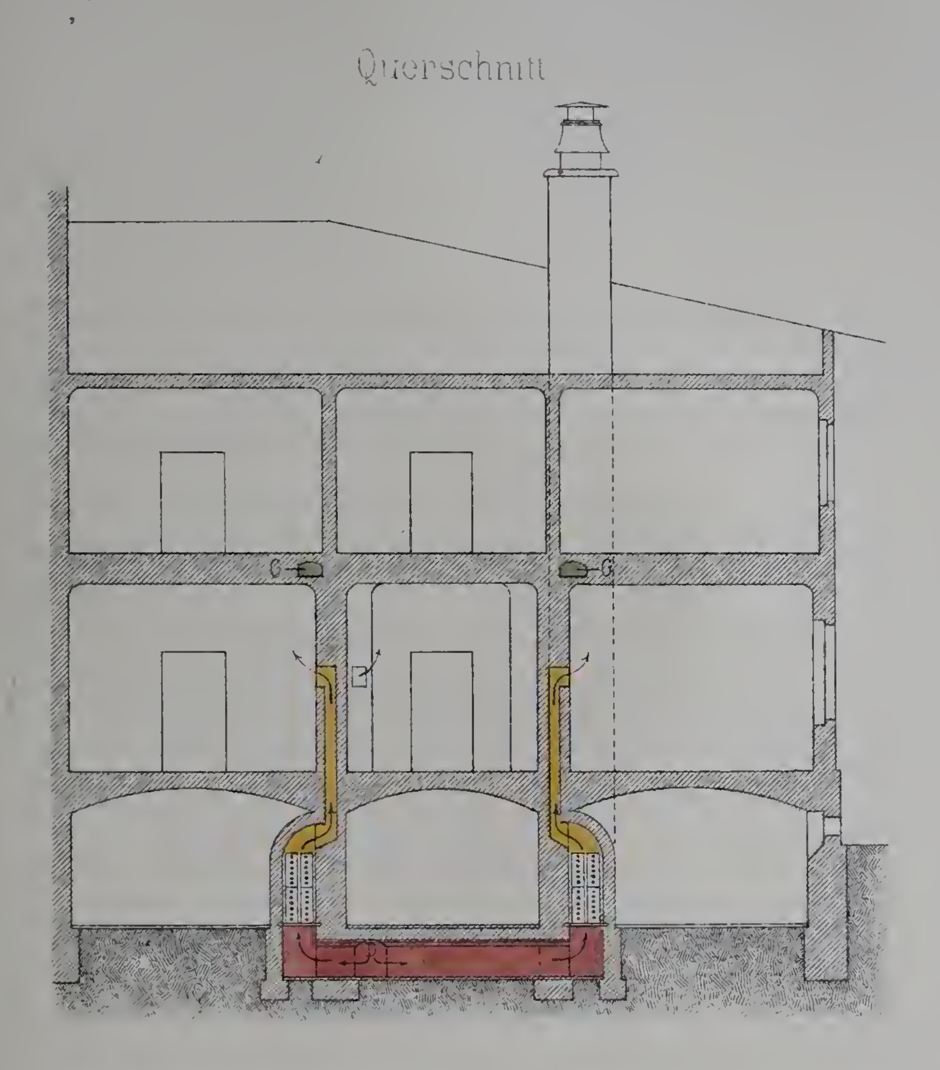
Keller - Geschoss



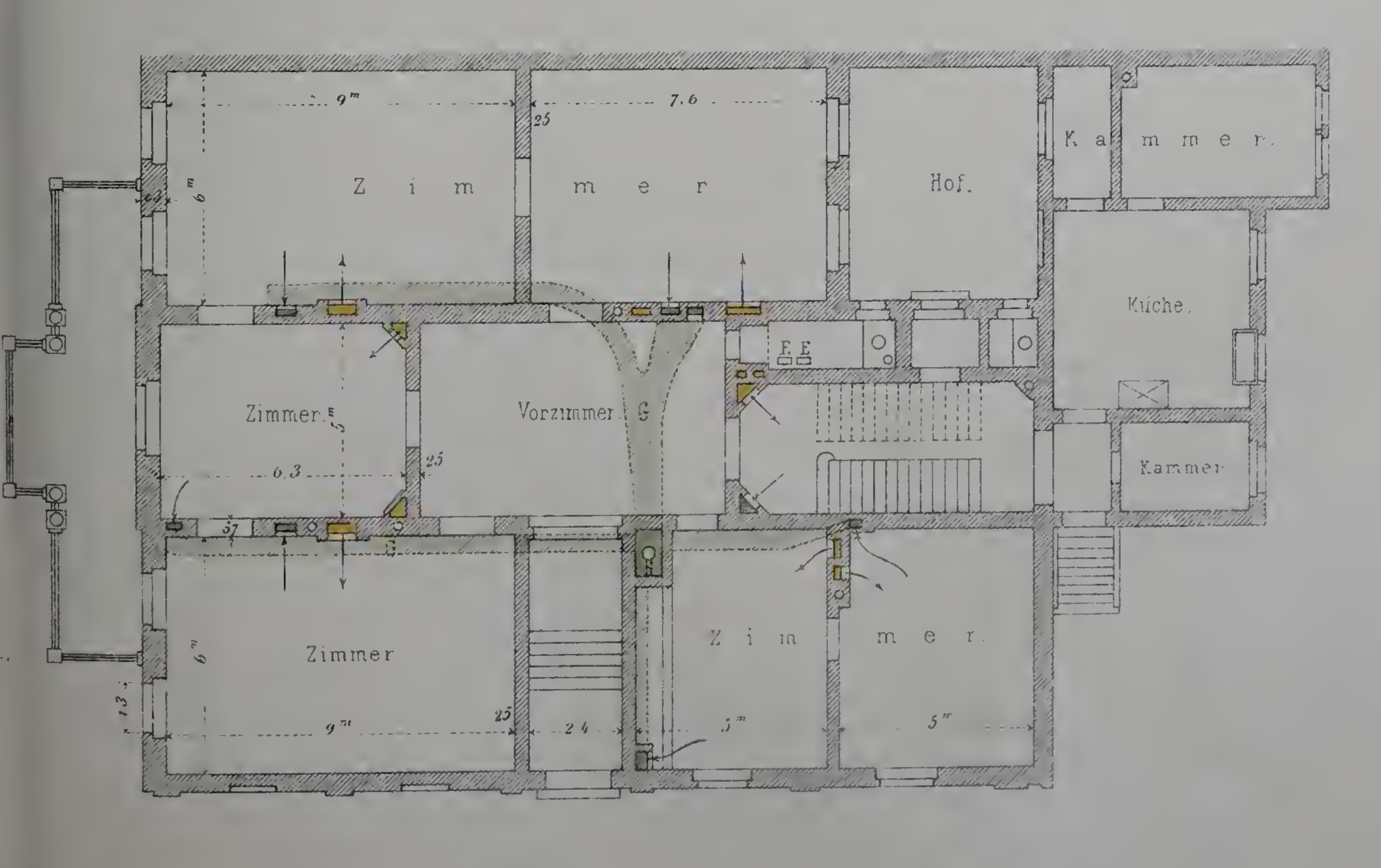
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

MANNHEIM.

Querschnitt



Erd-Geschoss.





Chauffage et ventilation de l'opéra de Vienne. Nouv. annales de la conft. 1881, S. 35.
Warming and ventilation of hofpitals, and heated fhafts. Building news, Bd. 42, S. 709.
KÄUFFER, P. Beheizung und Ventilation von Schulen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 313.
The ventilation of theatres. Builder, Bd. 46, S. 225.
RIETSCHEL, H. Lüftung und Heizung von Schulen. Ergebniffe im amtlichen Auftrage ausgeführter Unterfuchungen etc. Berlin 1886.
SEDDON, J. P. *Theatre ventilation. Building news,* Bd. 46, S. 239.

c) Beifpiele bewährter Heizungs- und Lüftungs-Anlagen.

380. Beifpiel I.

α) Heifswaffer-Luftheizung des Haufes *Kahn* in Mannheim. Die neben ftehende Tafel enthält zwei Grundriffe und zwei lothrechte Schnitte des Gebäudes, deffen Heiz-Anlage durch das Eifenwerk Kaiferslautern ausgeführt worden ift.

Das Erdgefchofs wird durch die Sammelheizung erwärmt, während das andere Gefchofs mit Ausnahme dreier Räume mit gewöhnlichen Oefen verfehen ift.

Im Kellergefchofs bezeichnet *A* den Heizofen, in welchem die nöthige Heizröhrenlänge nach Art von Fig. 298 (S. 309), und zwar in drei Abtheilungen, eingelegt ift. Die eine Abtheilung fteht mit den Heizkammern *1* und *2* in Verbindung. Das heifse Waffer durchftrömt in der Regel zunächft den Heizkörper in *1*, hierauf denjenigen in *2*, worauf das abgekühlte Waffer in den unterften Theil des Ofens *A* zurückkehrt. Vermöge der im Grundrifs des Kellergefchoffes vor den in Rede ftehenden Heizkammern angedeuteten Ventile vermag man jedoch das Waffer, ganz oder theilweife, fowohl an der Heizkammer *1*, als auch an der folgenden *2* vorüberftrömen zu laffen, fo dafs hierdurch die Wärme-Zufuhr der in Frage ftehenden Heizkammern geregelt werden kann. In derfelben Weife verforgt die zweite Röhrenabtheilung die Heizkammern *4* und *3*. Die Heizkammer *5* hat ihre eigene, die dritte Röhrenabtheilung. Die Ausdehnungsgefäfse haben im Abortraume des Erdgefchoffes, bei *E*, Platz gefunden. Als Heizkörper dienen fchmiedeeiferne, im Zickzack gebogene Röhren, welche, behuf Vergröfserung der Heizfläche, bezw. Verminderung der Oberflächen-Temperatur, von geripptem Gufseifen umfchloffen find.

Unter der Treppe des Seitenflügels (bei *B*) und unter der Veranda (bei *C*) mündet der Canal *D*, welcher die frifche Luft heranzuführen hat. Indem derfelbe an zwei einander entgegengefetzten Seiten mit dem Freien in Verbindung fteht, werden die Einflüffe des Windes abgefchwächt. Uebrigens dienen zwei Droffelklappen *E* und *F* zur theilweifen oder vollftändigen Abfperrung des Canals *D* von den Mündungen *B*, bezw. *C*.

Vom Haupt-Canal *D* aus wird die frifche Luft unmittelbar oder durch geeignete Zweig-Canäle den Heizkammern zugeführt und gelangt, nachdem fie erwärmt ift, durch lothrechte Canäle auf kürzeftem Wege in die betreffenden Räume.

Diejenigen Canäle *G*, welche die gebrauchte Luft abzuführen haben, münden in der Nähe des Fufsbodens und in der Nähe der Decke in den betreffenden Räumen und fammeln fich, unter Vermittelung wagrechter Theile, welche in der Decke zwifchen Erd- und Obergefchofs liegen (in den Grundrifs des Erdgefchoffes eingetragen), in einem gemeinfchaftlichen, über das Dach führenden Schachte *H*. In diefem Schachte befindet fich die eiferne Rauchröhre der Feuerung, fo dafs eine Erwärmung der abgefaugten Luft ftattfindet, alfo der Auftrieb derfelben vergröfsert wird.

Die oberen Abzugsöffnungen der Canäle *G* follen geöffnet werden, fobald durch irgend einen Umftand eine Ueberheizung eingetreten ift, und auch im Sommer, um die wärmfte Luft der Zimmer abzuführen. Da eine befondere Feuerung für den Lockfchornftein nicht vorgefehen ift, fo dürfte die Sommerlüftung wenig Erfolg haben.

Die durchaus befriedigend wirkende Anlage giebt mir zu folgenden Ausfetzungen Veranlaffung.

Zunächft kann ich nicht billigen, dafs der wagrechte Theil der Abfaugungs-Canäle *G* über das Erdgefchofs gelegt worden ift. Derfelbe würde zwifchen Kellergewölbe und Erdgefchofs-Fufsboden bequemer Platz gefunden haben, und durch letztere Anordnung würde die Auftriebshöhe des Lockfchornfteines wefentlich vergröfsert worden fein.

Ferner habe ich die Anordnung der Ventile und Droffelklappen zu tadeln. Diefelbe bedingt, dafs dem Heizer fämmtliche Kellerräume zugänglich find, was mindeftens recht läftig ift. Man erfieht aus dem Kellergrundrifs leicht, dafs die Ventile der Heizkammern *1*, *2* und *4* ohne Schwierigkeit auf den Kellervorplatz gelegt werden konnten. Die Droffelklappen *E* und *F* vermochte man, nach geringen Aenderungen der Canäle für frifche Luft, ebenfalls vom Vorplatz aus regelbar anzubringen.

Das hier angewendete Verfahren, nur mittels frifcher Luft zu heizen, ift für Anlagen, wie die vor-

liegende, durchaus zu empfehlen. Der etwaige Wärmeverluft dürfte aufgehoben werden durch die weit gehende Einfachheit der Anlage und die Sicherheit, dafs regelmäfsig gelüftet wird.

381.
Beifpiel
II.

β) Feuer-Luftheizung mit Drucklüftung und Warmwaffer-Heizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Koft- und Logirhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gufsftahlfabrikation. In den Jahren 1873—74 wurde, nach Plänen des Baumeifters *Spetzler* in Bochum[257]), die auf den neben ftehenden Tafeln dargeftellte Anlage ausgeführt. Die Doppeltafel enthält den Grundrifs des Erdgefchoffes, welcher in fo fern unvollftändig wiedergegeben ift, als der eine Flügelbau, welcher dem anderen gleicht, nur theilweife Platz gefunden hat. Das vordere oder Hauptgebäude enthält in 4 Gefchoffen etwa 150 Stuben mit 2, 4 oder 6 Betten; jedes der Betten foll doppelt belegt werden, wegen des Wechfels der Tag- und Nachtfchicht, fo dafs das Gebäude 1500 unverheiratheten Arbeitern Unterkunft gewährt. Aufser diefen Logirzimmern befinden fich die Wohnung des Infpectors, die Leinenzimmer u. f. w. in diefem Hauptgebäude. Hinter demfelben ift ein eingefchoffiges Haus errichtet, welches die Wafchräume, den grofsen Speife-, bezw. Unterhaltungsfaal, die Küche und andere Wirthfchaftsräumlichkeiten enthält. Die kleinere Tafel zeigt Querfchnitte der beiden genannten Gebäude.

Endlich ift ein befonderes Gebäude vorhanden, in welchem fich Badezimmer, Dampfkeffel, Mafchinen-Anlage, Wafchküche u. f. w. befinden.

In letzterem Gebäude bewegt eine Dampfmafchine zwei Schraubenbläfer a, die durch den über Dach mündenden Schacht b frifche Luft zugeführt erhalten und folche durch einen unter der Erde liegenden Canal, bezw. Zweige deffelben in die 4 Heizkammern c drücken. Die Heizkammern liegen in der Höhe des Kellergefchoffes; fie enthalten je zwei unmittelbar durch das Feuer, bezw. den Rauch deffelben erwärmte Oefen. Nach der entfprechenden Erwärmung der Luft gelangt diefelbe in unter dem Fufsboden des Erdgefchoffes befindliche Canäle d (vergl. die kleinere Tafel), welche fie den lothrecht zu den Stuben auffteigenden Canälen e übergeben. Wie aus dem Querfchnitt des Hauptgebäudes erkannt werden kann, find auch lothrecht abfteigende Canäle vorhanden, welche das Kellergefchofs von den Canälen d aus mit frifcher, nach Umftänden warmer Luft verforgen.

Jede Stube fteht nun, vermöge eines der Canäle f, mit dem Dachraume in Verbindung, fo dafs aus dem Zimmer die Luft in dem Mafse nach dem Dachraume abgeführt wird, als frifche Luft einftrömt.

Die Einftrömungs-Oeffnungen der Luft befinden fich in den Zimmern in zwei verfchiedenen Höhen (vergl. die kleinere Tafel); welchen Zweck diefe Anordnung verfolgt, vermag ich nicht zu erkennen. Vielleicht ift der Verfaffer des Entwurfes noch unficher gewefen, ob die Einführung im unteren oder die im oberen Theile jedes Zimmers vortheilhafter ift, fo dafs derfelbe vorzog, beide Wege fich offen zu halten. Die Abftrömungs-Oeffnungen liegen ebenfalls in zwei verfchiedenen Höhen; im Winter ift regelmäfsig die untere frei, während die obere Oeffnung gefchloffen ift. Nur bei zufälliger Ueberheizung foll die obere Oeffnung zum Abführen der Luft dienen.

Der Querfchnitt der vier zu den Heizkammern führenden Frifchluft-Canäle ift je $1{,}1^{\text{m}}$ im Quadrat, alfo, unter Berückfichtigung der Gewölbe, rund $1{,}2^{\text{qm}}$. Es follen jedem Bett ftündlich 30^{cbm} frifche Luft geliefert werden; fonach ift die Luftgefchwindigkeit in den erwähnten Canälen durchfchnittlich

$$\frac{30 \ . \ 750}{4 \ . \ 1{,}2 \ . \ 3600} = 1{,}3^{\text{ m}}.$$

Eben fo grofs ift die Luftgefchwindigkeit im Haupt-Canal, während im Saugfchachte b, welcher die Schraubenbläfer a fpeist, weil deffen Querfchnitt 2^{m} im Quadrat mifft, bei vollem gleichzeitigen Betriebe der vier Heizkammern eine etwas gröfsere Gefchwindigkeit herrfcht. Der Querfchnitt jedes der lothrechten, zu den Zimmern mit 4 Betten führenden Canäle ift etwa 320^{qcm}, fo dafs die Luftgefchwindigkeit in denfelben ungefähr $1^{\text{ m}}$ betragen dürfte.

Die Sommerlüftung erfolgt durch diefelben Mittel, welche der Winterlüftung dienen; jedoch find in den eifernen Fenftern der Stuben je zwei grofse fog. Luftfcheiben angebracht, welche nach Belieben benutzt werden können.

Die beiden Wafchftuben g werden durch gewöhnliche Oefen erwärmt; fie enthalten je 56 Wafchbecken, denen kaltes und warmes Waffer zugeführt wird.

Der Speife-, bezw. Gefellfchaftsfaal, welcher fich an die Wafchftuben anfchliefst, enthält 1000 Plätze. Seine Erwärmung erfolgt durch zwei Warmwaffer-Heizungen, deren Heizkeffel bei h im Kellergefchofs untergebracht find. Die Röhren i, welche die Wärme an die Luft des Saales abzugeben haben, liegen längs der Wände und der Speifen-Ausgabeftelle. Im Grundrifs find diefe Röhren i durch ftrichpunktirte Linien, im Querfchnitt durch Kreife angedeutet. Der in Rede ftehende Saal ift mit einer

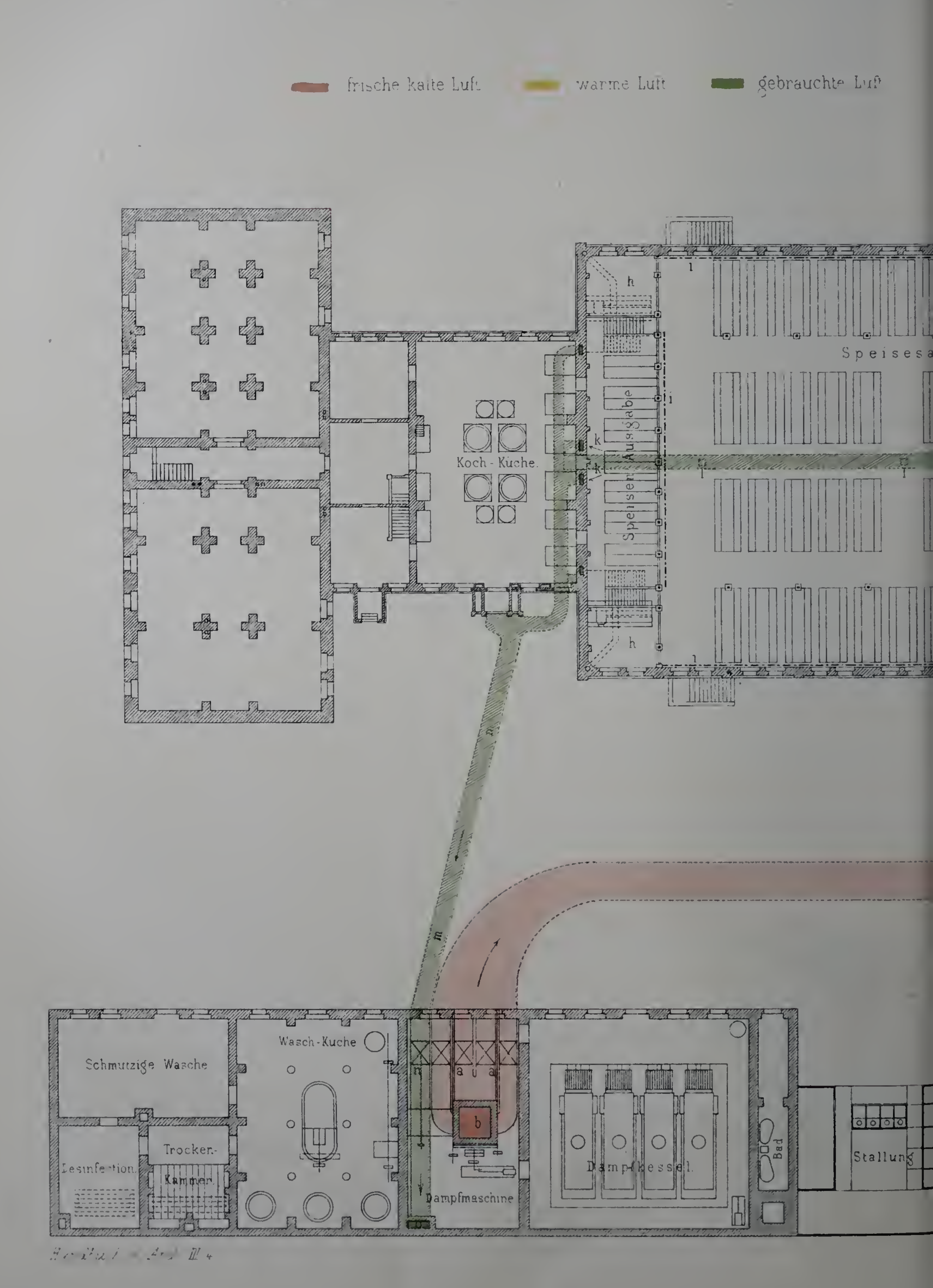
---

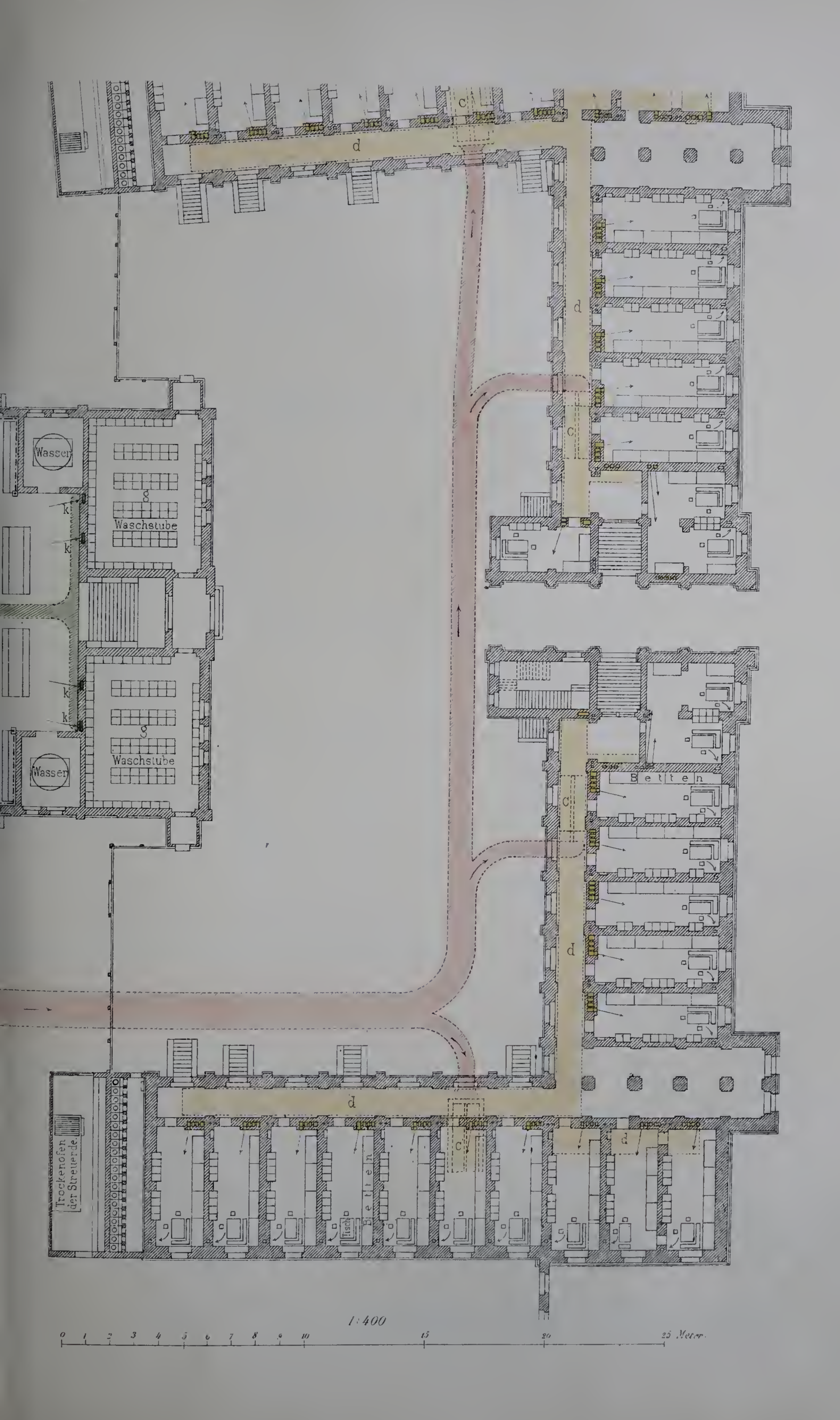
257) Siehe: Correfpondenzbl. des niederrhein. Ver. für öffentl. Gefundheitspfl. 1878, S. 144.



ARBEITER-KOST- UND LOGIRHAUS

DES BOCHUMER VEREINS FÜR BERGBAU U. GUSSSTAHLFABRIKATIO





d
c
Wasser
Waschstube
Betten
Trockenofen der Streuerde.
Tisch
1:400
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 25 Meter.



Zu S. 360.

ARBEITER-KOST-UND LOGIRHAUS DES BOCHUMER VEREINS FÜR BERGBAU UND GUSSSTAHLFABRICATION.

Schnitt durch das Hauptgebäude.

f

e

d

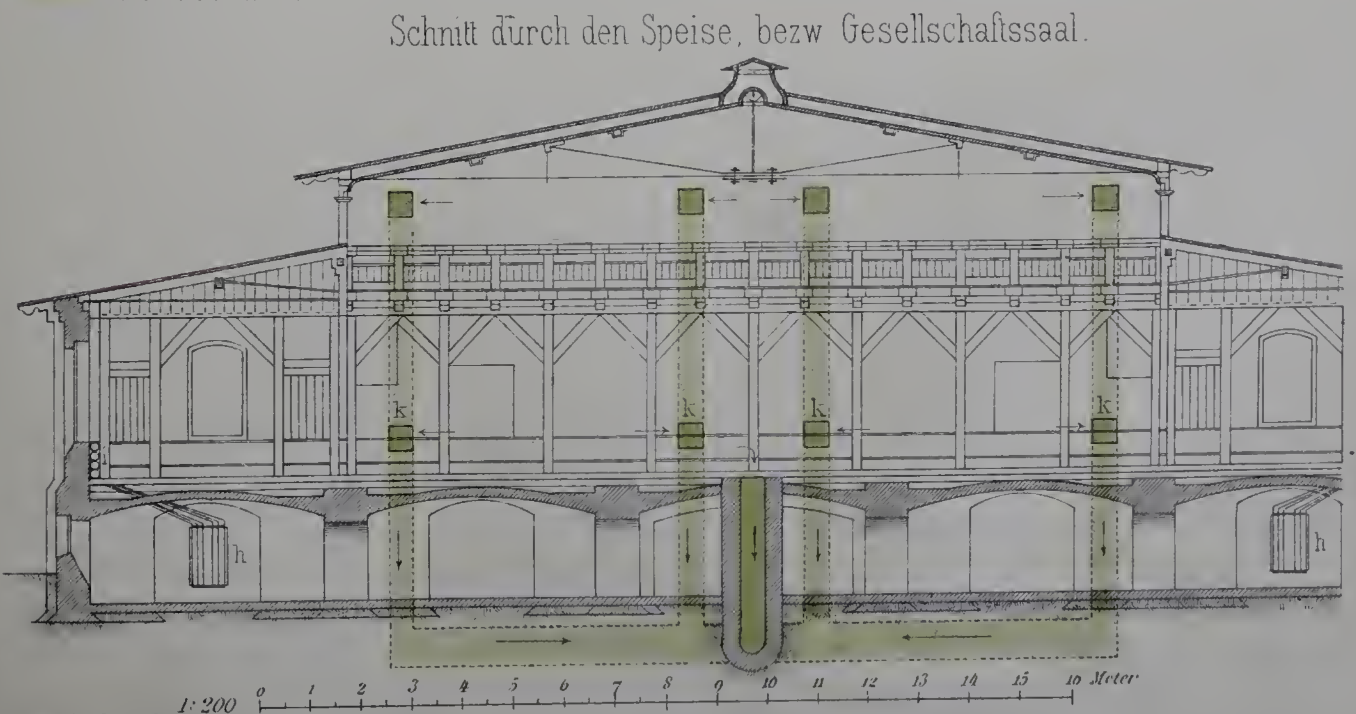
c

frische, kalte Luft.

warme Luft.

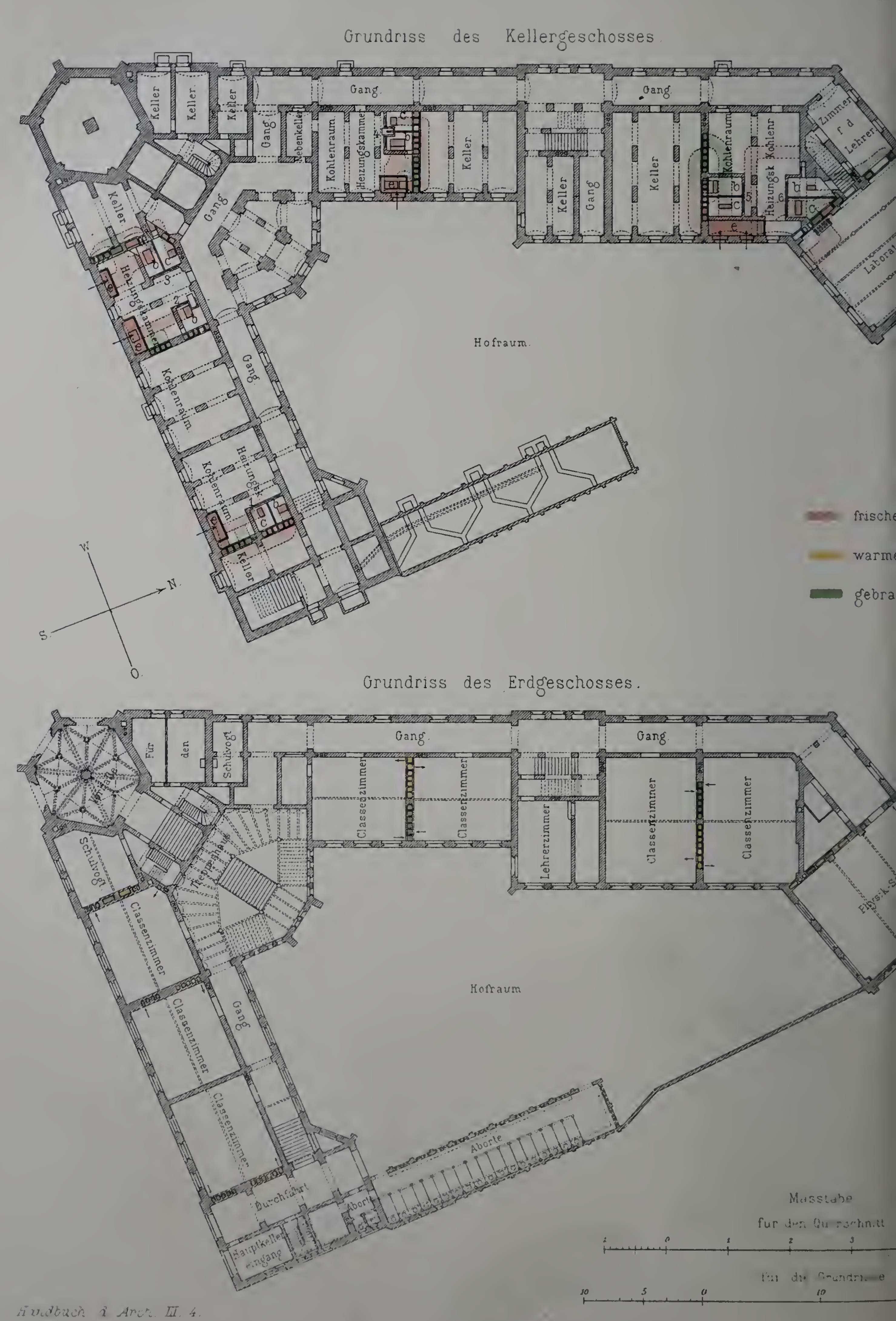
gebrauchte Luft.

Schnitt durch den Speise, bezw Gesellschaftssaal.

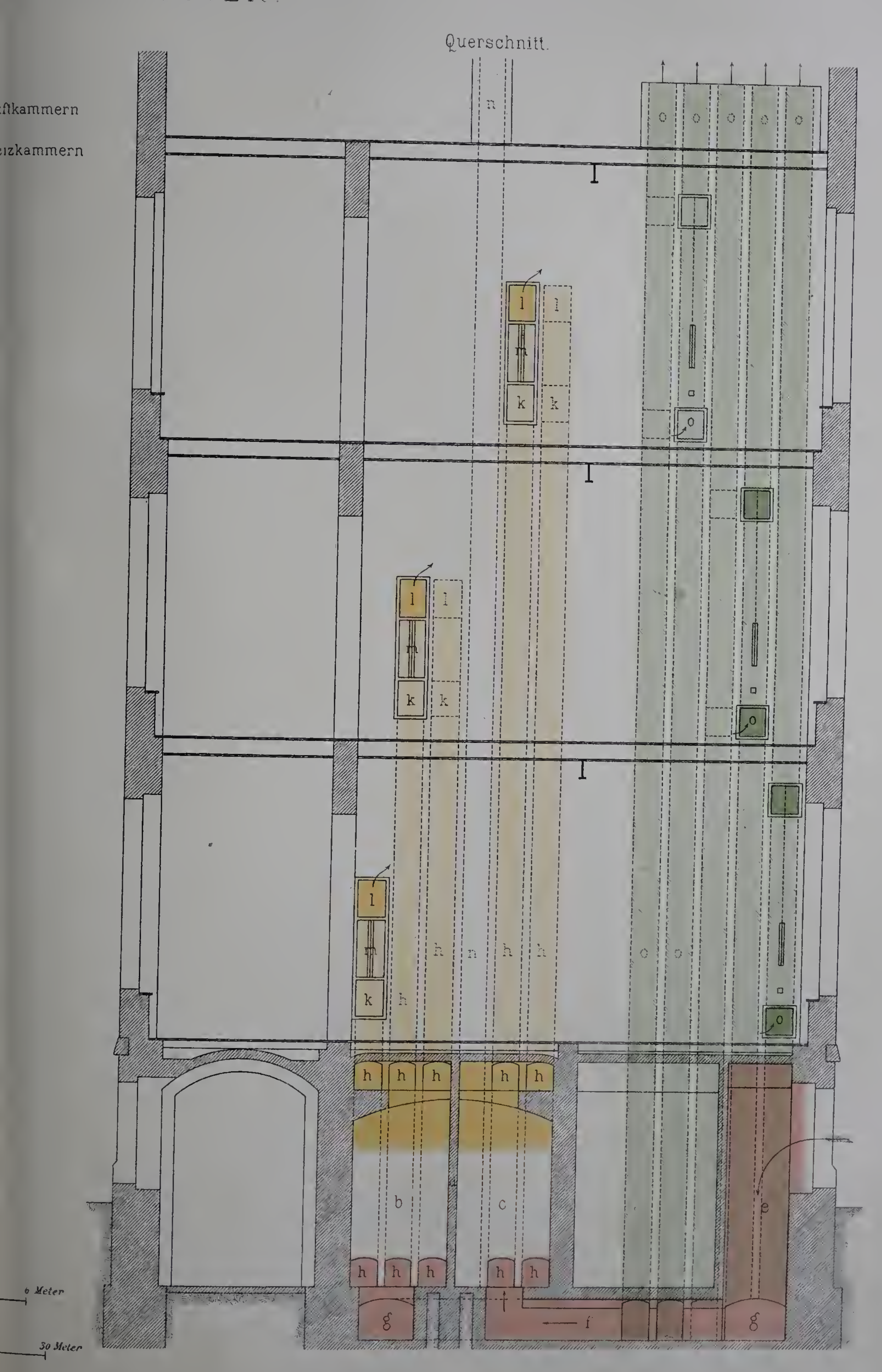







LEIBNITZ-REAL
Grundriss des Kellergeschosses.
Keller
Gang
Nebenkeller
Kohlenraum
Heizungskammer
Heizungskammer
Lehrer
Laborat
Hofraum.
frische
warme
gebra
W.
N.
S.
O.
Grundriss des Erdgeschosses.
Für
den
Schulvogt
Classenzimmer
Lehrerzimmer
Treppenhaus
Physik
Hofraum
Aborte
Abort
Durchfahrt
Hauptkeller eingang
Masstabe
für den Querschnitt
für die Grundrisse

E zu HANNOVER.





Sauglüftung verfehen. Bei *k* befinden fich in den Wänden, bei *l* im Fufsboden Oeffnungen, welche mit dem Saug-Canal *m* in Verbindung ftehen. An den Wänden mündet jeder Saug-Canal zweimal, nämlich in der Nähe des Fufsbodens und in der Nähe der Decke; diefe Einrichtung wird in bekannter Weife benutzt. Frifche Luft tritt theils durch die Undichtheiten der Einfchliefsungsflächen ein; theils gelangt fie vermöge geeigneter Oeffnungen zu den Heizungsröhren, um hier erwärmt zu werden, bevor fie in den Saal gelangt.

Der Saug-Canal *m* dient auch zur Lüftung der Küche. Derfelbe enthält im Mafchinenraume einen Schraubenbläfer *n*, welcher die Luft einerfeits anfaugt, andererfeits durch den lothrechten Schacht *o* auswirft.

382. Beifpiel III.

γ) Feuer-Luftheizung der Leibniz-Realfchule in Hannover. Die in Rede ftehende Schule wurde in den Jahren 1876 und 1877 nach den Plänen des Stadtbauinfpector *Wilsdorff*[258]) erbaut; die hier in Rede ftehende Heizungs- und Lüftungs-Anlage ift von *Kelling* in Dresden entworfen und ausgeführt.

Das Gebäude enthält in drei Gefchoffen 28 Claffenzimmer und die Aula, welche durch 6 Heizöfen, bezw. 11 Heizkammern, die im Kellergefchofs untergebracht find, mit Wärme und frifcher Luft verforgt werden. Die neben ftehende Doppeltafel enthält einen lothrechten, die umftehende einfache Tafel einen lothrechten und zwei wagrechte Schnitte der Heiz-Anlage nebft Zubehör. Der Ofen *a* ift nach Fig. 279 (S. 291) angeordnet[259]); er dient für zwei Heizkammern *b* und *c*. Der Zweck diefer Anordnung ift die Verringerung der Zahl der Feuer; ich halte denfelben nicht für fo wichtig, um ihn durch Zulaffung der Nachtheile, welche entftehen, indem man einen Ofen durch eine gemauerte Wand *d* in zwei Theile zerlegt, einzukaufen. Die Heizkammer *b* verforgt das Erd- und das I. Obergefchofs (vergl. die Doppeltafel), die Heizkammer *c* das III. Obergefchofs. Um die etwa überfchüffige Wärme der einen Heizkammer für die benachbarte nutzbar zu machen, befindet fich in der Scheidewand *d* eine Thür; offenbar wird nach Oeffnen derfelben der Vortheil verfchiedener Heizkammern für die verfchiedenen Gefchoffe aufgehoben.

Die Anlage geftattet, fowohl mit Umlauf, als auch mit frifcher Luft zu arbeiten. *e* bezeichnet eine Luftkammer, welche einerfeits mittels des anliegenden Kellerfenfters (welches nur vergittert ift) mit der freien Luft, andererfeits vermöge der Canäle *f* und *g* mit den Heizkammern in Verbindung fteht. Von den Ausmündungen diefer Canäle ab kann die frifche Luft entweder in kaltem Zuftande am Boden der Heizkammern oder erwärmt durch das Gewölbe derfelben zu den lothrechten Canälen *h* gelangen, welche fie in die einzelnen Räume führen. Die betreffende Regelung erfolgt durch die Mifchklappe *i* vom betreffenden Zimmer aus. Zu diefem Ende ift mit der Mifchklappe *i* (vergl. die kleinere Tafel) eine punktirt gezeichnete Kette verbunden, welche, über mehrere Leitrollen geführt, im betreffenden Raume höher oder tiefer aufgehängt wird. Mit dem oberen Ende diefer Kette ift eine zweite Kette verbunden, die mit ihrem anderen Ende an der Klappe *k* befeftigt ift, und zwar fo, dafs *k* den Canal *h* abfchliefst, fobald *i* in annähernd lothrechter Stellung fich befindet, während *k* den Canal *h* frei läfft, fo lange *i* (in Bezug auf die Figur) ganz nach rechts gelegt ift. Mir ift der Zweck diefer Anordnung nicht verftändlich geworden; meiner Anficht nach macht diefelbe den unter der Mifchklappe liegenden Theil des Canales *h* überflüffig und eben fo die Mifchklappe *i*. Die Klappe *k* allein verringert den Querfchnitt des Canales *h*, fobald fie mehr und mehr fchräg gelegt wird; fie hemmt daher die Zuftrömung der warmen Luft und dient dem gemäfs zur Regelung der Wärme-Zufuhr. Da diefes Regelungsverfahren (vergl. Art. 355, S. 337) unter Umftänden eine bedeutende Temperaturfteigerung der Luft zur Folge hat, fo findet, links von *k*, eine Zuftrömung der Zimmerluft ftatt, welche fich mit der Heizluft mifcht und deren Temperatur mildert. Die Ausftrömungs-Oeffnungen *l* find vergittert; der Mitteltheil *m* des Verfchluffes der im Mauerwerk frei gelaffenen, lang gefchlitzten Oeffnung befteht aus einer Blechthür, durch welche der betreffende Canal zugänglich gemacht ift.

Zwifchen den Canälen *h* (vergl. die kleinere Tafel, Schnitte nach *EF* und *JK*) befindet fich der Rauchfchornftein *n* des Ofens.

Die Abführung der Luft erfolgt durch die lothrechten Canäle *o*; diefelben münden im Zimmer, fowohl nahe über dem Fufsboden, als auch in der Nähe der Decke; im Winter foll regelmäfsig die untere Abzugsöffnung benutzt werden, während die obere mittels einer Klappe verfchloffen ift.

Hinter der unteren Abzugsöffnung befindet fich eine Wechfelklappe (vergl. Art. 263, S. 238), welche den betreffenden Canal *o* entweder unterhalb oder oberhalb der Abzugsöffnung fchliefst. Im erfteren Falle entweicht die Luft durch den betreffenden Canal *o* in den Dachraum des Gebäudes, fo dafs eine ent-

---

258) Siehe: Die Leibniz-Realfchule zu Hannover. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 511.

259) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 226, S. 11.

fprechende Menge frifcher Luft aus dem Freien, unter Vermittelung der Luftkammer *e* und des Canals *f*, bezw. *g*, in die Heizkammern ftrömen mufs. Wegen der zur Erwärmung diefer frifchen kalten Luft erforderlichen Wärmemenge wird das Anheizen der Räume mit umlaufender Luft bewirkt. Zu diefem Ende hebt man die Wechfelklappen nach oben und bringt dadurch eine Verbindung zwifchen den Zimmern und dem zugehörigen Canal *f*, bezw. *g* hervor, welche die Luft der Zimmer in die Heizkammern zurückführen. Behuf Fernhaltung des Druckes der äufseren Atmofphäre auf das Innere der Heizkammern (vergl. Art. 210, S. 192) werden, während man mit Umlauf heizt, die Droffelklappen *p* und *q* der Frifchluft-Canäle gefchloffen; fo lange die Lüftungs-Heizung währt, find diefe Klappen geöffnet, wenn nicht heftiger Wind zum theilweifen Schliefsen Veranlaffung giebt. Die Regelung der Wärme-Zufuhr findet, wie fchon erwähnt, von den einzelnen Räumen aus ftatt; die Regelung der Wärmeentwickelung ift Sache des im Kellergefchofs befindlichen Heizers. Diefes Verfahren bedingt eigentlich, dafs der Heizer in den Stand gefetzt wird, die Temperatur der erwärmten Luft zu beobachten. Bei der vorliegenden Anlage habe ich eine entfprechende Einrichtung — welche oft in einem gewöhnlichen, in der Heizkammer aufgehängten, von aufsen zu beobachtenden Thermometer befteht — nicht gefunden. Der Heizer richtet fich nach der Witterung und nach den Ergebniffen des Heizens.

Je niedriger die Temperatur des Freien ift, um fo kräftiger ift der durch die vorliegende Anlage hervorzubringende Luftwechfel. Mit abnehmender Kälte vermindert fich die Luftgefchwindigkeit in den Canälen, und bei annähernd gleicher Temperatur im Inneren und Aeufseren des Haufes hört der Luftwechfel auf. Man hat alsdann das wenig zweckmäfsige Lüftungsmittel, das Oeffnen der Fenfter anzuwenden. Die oberen Mündungen der Luft-Abführungs-Canäle find für die Sommerlüftung beftimmt; jedoch ift leicht zu überfehen, dafs diefe nur dann einen nennenswerthen Luftwechfel hervorzurufen vermögen, wenn der Temperatur-Unterfchied der Zimmerluft gegenüber dem Freien ein grofser ift. Da derfelbe im Sommer nicht grofs werden kann, fo lange die Temperatur der Zimmer erträglich bleibt, fo dürfte diefe Sommerlüftung als geringwerthig zu bezeichnen fein. Thatfächlich entläfft man die Schüler, fobald die Temperatur der Zimmer während des Sommers ein gewiffes Mafs erreicht.

Die Vertheilung der Heiz-Anlagen im Gebäude ift aus den beiden Grundriffen zu erfehen. Die Heizöfen *1*, *3*, *4*, *5* und *6* erwärmen je zwei Heizkammern, der Heizofen *2* nur eine folche. Ueber der Vorhalle und den angrenzenden Räumen des Erdgefchoffes befindet fich die Aula. Deren Heizung ift alleinige Aufgabe der Heizkammer *b* des Heizofens *3*. Da die Aula nicht immer benutzt wird, fo ift an diefem Orte die oben erwähnte Einrichtung, welche nach Oeffnen einer Klappe in der den Ofen in zwei Hälften zerlegenden Wand die Wärme der Heizkammer *b* für die Heizkammer *c* des Ofens *3* benutzbar macht, zweckmäfsig. Eben fo zweckmäfsig dürfte es jedoch fein, wenn man der Aula einen befonderen Ofen gegeben hätte.

383. Beifpiel IV.

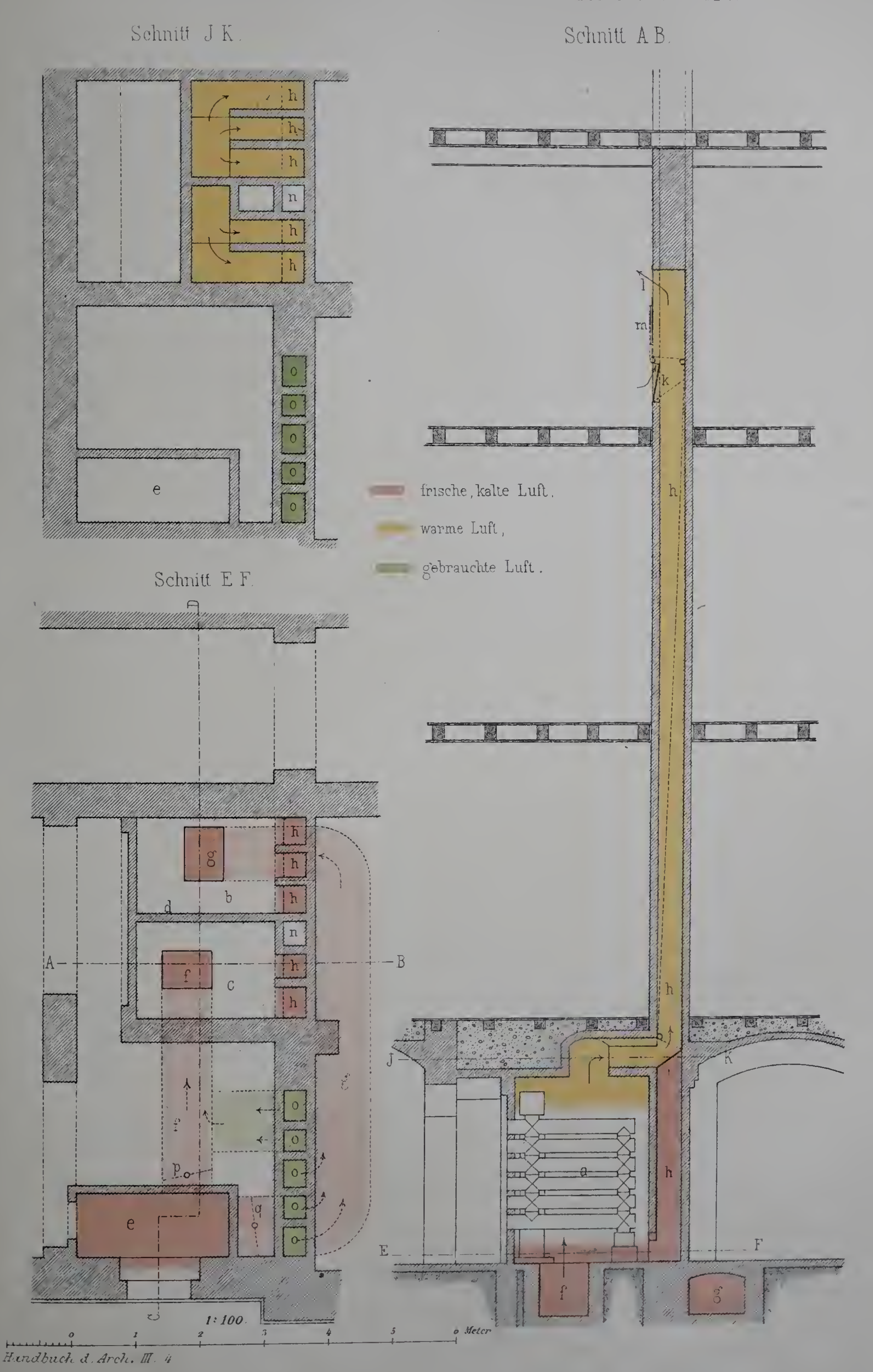
δ) Feuer-Luftheizung mit Sauglüftung der medicinifchen Klinik zu Bonn. Das umfangreiche Gebäude der medicinifchen Klinik in Bonn wird durch 9 Feuer-Luftheizungen erwärmt und durch eben fo viele Lockfchornfteine gelüftet; die betreffende Anlage wurde von *J. H. Reinhardt* in Würzburg ausgeführt. Auf der neben ftehenden Tafel ift eine der erwähnten 9 Anlagen, nämlich diejenige für den Mittelbau, in vier Grundriffen und zwei lothrechten Schnitten wiedergegeben. Zwei Kellerfenfter *A* laffen die frifche Luft in die geräumige Luftkammer *B* gelangen, in welcher fie fowohl ihre Gefchwindigkeit, als auch einen Theil des mitgeführten Staubes verlieren foll. Von hier aus tritt fie, durch zwei am Boden befindliche Oeffnungen, in die Heizkammer, erwärmt fich am Ofen *C* und fteigt in die Vertheilungs-Canäle *D* für warme Luft, welche zwifchen dem Kellergewölbe und dem Fufsboden des Erdgefchoffes untergebracht find. 16 lothrechte Canäle führen die erwärmte Luft in die betreffenden Räume, wofelbft fie über Kopfhöhe austritt.

Die gebrauchte Luft kann entweder in der Nähe der Decke oder dicht über dem Fufsboden abgefaugt werden; fie foll von den hier in Frage kommenden Zimmern in den gemeinfamen Lockfchornftein gelangen, wefshalb ein wagrechter Sammel-Canal *E* nothwendig wird. Man hat denfelben über die Gewölbe des Ganges im Erdgefchofs gelegt, weil der verfügbare Raum neben den Vertheilungs-Canälen *D* dem Conftructeur weniger bequem erfchien. Ein Theil der gebrauchten Luft des Erdgefchoffes mufs daher fteigen, bevor fie zu dem Sammel-Canal *E* gelangt, während diejenige der höheren Gefchoffe zu ihm herabfällt; theilweife find auch Oeffnungen angebracht, welche die Zimmer unmittelbar mit dem Inneren des Lockfchornfteines in Verbindung bringen.

Die Luft der Aborte wird abweichend von derjenigen der übrigen Räume behandelt. Sie wird nämlich durch die Abfallröhren nach unten, in einen befonderen Raum *F* des Kellergefchoffes, geleitet und aus diefem vermöge des unter dem Fufsboden des Kellers liegenden Canals *G* zu der befonderen Lockfchornftein-Abtheilung *H* geleitet.

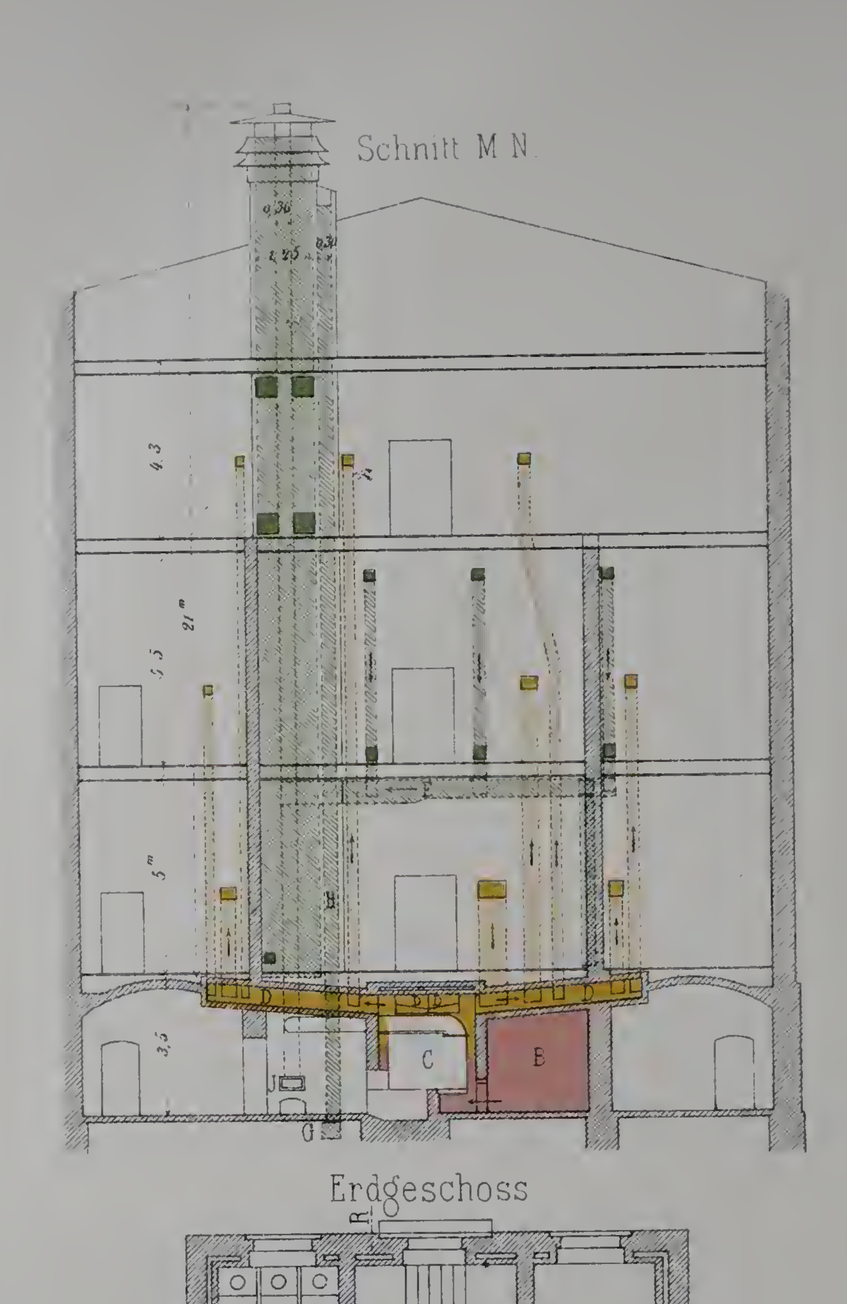
Zu S. 362.

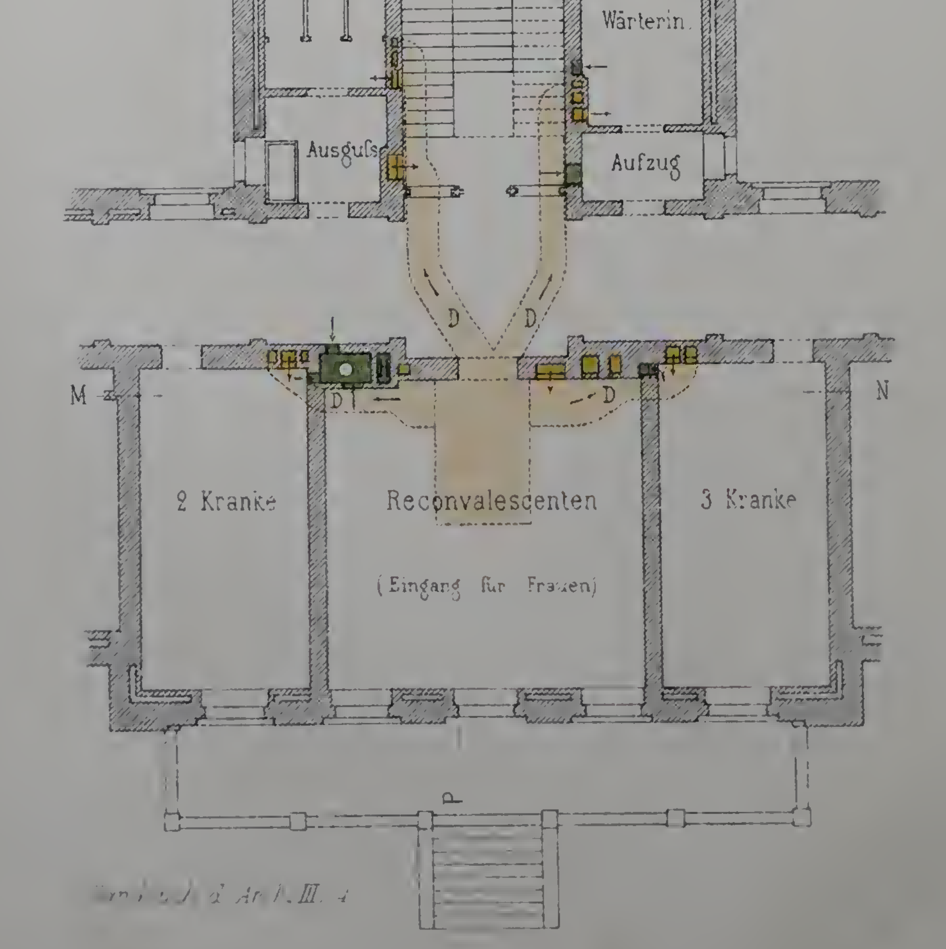
LEIBNITZ-REALSCHULE zu HANNOVER.

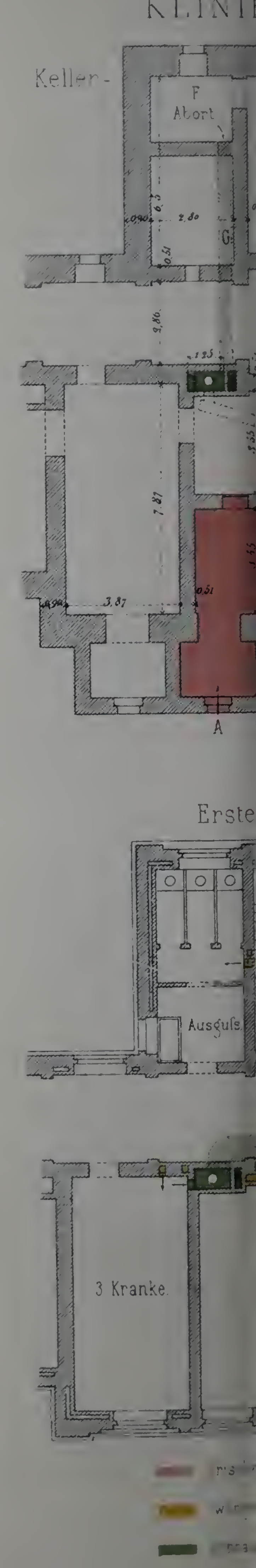







Schnitt M N.
C
B


Erdgeschoss
Wärterin.
Ausguſs
Aufzug
D
D
M
N
2 Kranke
Reconvalescenten
(Eingang für Frauen)
3 Kranke
P


KLINI
Keller-
F
Abort
A
Erste
Ausguſs
3 Kranke

53.

BONN.

Geschoss.

2,86 0,90

0,51 3,87 0,90

A

Schnitt P R.

C D E G

schoss.

Wärter.

Aufzug.

3 Kranke.

Zweites Obergeschoss.

Wärter.

Leinen.

Aufzug

Bad

Theeküche.

14 Kranke.

1:250

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 Meter



Im Winter erfolgt die Erwärmung des Schornfteines durch den Rauch des Heizofens, im Sommer und fobald es fonft nöthig wird, durch eine befondere Feuerung *I*, welche vom gewöhnlichen Heizerraume aus im Kellergefchofs bedient wird.

Die Regelung der Wärmeabgabe, wie auch diejenige des Luftwechfels erfolgt in den betreffenden Räumen, indem die Mündungen der Canäle mit geeigneten Klappen verfehen find.

Bemerkenswerth ift die Gröfse der Luftkammer *B*; fie ift in hohem Mafse geeignet, eine ruhige Luft, die für eine angenehme Wirkung der Heizungs- und Lüftungs-Anlage nöthig ift, zu vermitteln. Ich mufs jedoch bemerken, dafs ich es für zweckmäfsiger halten würde, die Luftkammer nicht allein mit einer, fondern auch mit der entgegengefetzten Seite des Haufes in freie Verbindung zu fetzen, um die Einwirkung des Windes möglichft auszugleichen. Die fteigende Lage der Warmluft-Vertheilungs-Canäle *D* fichert eine rafche Inbetriebfetzung der Anlage.

Weniger zweckmäfsig finde ich die Lockfchornftein-Anlage. Würde man die gebrauchte Luft im Kellergefchofs gefammelt haben, fo würde die wirkfame Höhe des Schornfteines ohne Schwierigkeit auf 24 m gebracht worden fein, während fie bei der vorliegenden Anordnung im Mittel nur 16 m beträgt. Der untere Theil des Schornfteines, in welchem die Wärmeabgabe der Rauchröhren, wegen der hier herrfchenden höheren Rauchtemperatur, am vortheilhafteften ftattfindet, wird nur zur Führung der gebrauchten Luft des Ganges, eines Zimmers für 2 Kranke und des Reconvalescenten-Raumes (vergl. den Grundrifs des Erdgefchoffes) benutzt, während der bei weitem gröfste Theil der gebrauchten Luft des II. Obergefchoffes erft in deffen Höhe in den Schornftein gelangt und hier vorwiegend zur Abkühlung, alfo zur Verminderung des Auftriebes der im Schornftein vorhandenen Luft dient.

Die Erwärmung der Schornfteinabtheilung für die Aborte dürfte nicht immer in genügendem Mafse erfolgen, da fie unter Vermittelung einer gemauerten Wand und durch die aus den Zimmern gefaugte Luft erfolgt. Sauglüftungen erfordern aber, wie früher bereits erörtert worden ift, für diejenigen Räume, in welchen übel riechende Gafe in gröfserer Menge entwickelt werden, eine befonders kräftige Wirkung, damit unter allen Umftänden das Austreten der Gafe in benachbarte Räume verhindert wird.

Was nun endlich die Frage anbelangt, ob für den vorliegenden Fall die Feuer-Luftheizung zweckmäfsig ift oder nicht, fo bemerke ich, dafs durch die Zerlegung der Anlage in 9 Theile verhältnifsmäfsig kurze Canäle, die wenig Widerftand leiften und wenig Raum beanfpruchen, gewonnen find. Die Anwendung der 9 Heizkammern und 9 Lockfchornfteine ift daher nur zu billigen. Würde man ftatt der unmittelbar durch Feuer erwärmten Oefen Dampf- oder Heifswaffer-Heizkörper benutzt haben, fo würde man im Stande gewefen fein, fowohl die Zahl der Lockfchornfteine, als auch diejenige der Heizkammern zu vermehren, alfo das liegende Canalnetz weiter zu vereinfachen; man würde auch für das ganze Gebäude nur eine Feuerftelle nöthig gehabt haben, alfo an Bedienungskoften fparen. Dagegen würden die Anlagekoften erheblich höhere geworden fein. Die oben angeregte Frage ift daher nur auf Grund der Koftenanfchläge verfchiedener Pläne, welche die erforderlichen Zinfen, Abfchreibungen und Unterhaltungskoften erkennen laffen, fachgemäfs zu beantworten.

384. Beifpiel V.

ε) Dampf-Luftheizung, Druck- und Sauglüftung des Sitzungsfaales des deutfchen Reichstages in Berlin. Das Gebäude, in welchem die Vertretung des Deutfchen Reiches in Berlin ihr Heim hat, wurde bekanntlich in äufserft kurzer Zeit zu diefem Zwecke umgebaut. So konnte es nicht ausbleiben, dafs die Heizungs- und Lüftungs-Anlagen nicht diejenige Einheit der Anordnung erkennen laffen, die in hervorragenden öffentlichen Gebäuden erwartet werden mufs. Die betreffenden Einrichtungen für den grofsen Sitzungsfaal zeigen einen gewiffen Schwung, fo dafs ich diefelben für geeignet halte, als Beifpiel für derartige Anlagen zu dienen. Ich entnehme die Zeichnungen der unten angezogenen Quelle[260]), während die Grundlagen der Erörterungen theils eigener Anfchauung, theils unmittelbar eingezogenen Nachrichten entftammen.

Die umftehende Tafel enthält einen lothrechten Durchfchnitt und einen Grundrifs der Anlage. Letzterer ift zur Hälfte nahe über dem Fufsboden des Kellergefchoffes, zur anderen Hälfte in gröfserer Höhe liegend angenommen. Neben, theils unter dem Saale befinden fich im Kellergefchofs zwei lang geftreckte Heizkammern *a* und *b*, in welche zahlreiche, mit Dampf gefpeiste Röhren gelegt find; die Dampf-Zuleitungsröhren find mit *c* bezeichnet.

Frifche, aus dem Garten des benachbarten Herrenhaufes entnommene Luft ftrömt unter Vermittelung der Canäle *d* zunächft durch Oeffnungen *e* in die Heizkammern, wird dort erwärmt und gelangt, die fog. Mifchkammern *f* durchftrömend, in die lothrechten Canäle *g*, welche fie in den Saal führen; die betreffenden Canäle münden dort in einiger Höhe. Vermöge zahlreicher Oeffnungen in den lothrechten Theilen

260) Haesecke. Theoretifch-praktifche Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.

des auffteigenden Fufsbodens und Präfidenten-Platzes gelangt die Luft in den Hohlraum *h*, von wo aus fie durch den Canal *i* zu einem mächtigen, 2,7 m im Quadrat weiten und 28 m hohen Lockfchornftein geführt wird. Die Setzftufen der Tribunen find ebenfalls durchbrochen und ftehen, mittels befonderer Canäle, mit dem Canal *i* in Verbindung. So weit die allgemeine Anordnung.

An kalten Tagen vermittelt der Auftrieb der lothrechten Canäle *g* und der Heizkammern die Herauffchaffung der frifchen Luft; bei warmem Wetter, befonders im Sommer, kommen zwei durch eine Dampfmafchine betriebene Flügelbläfer in Benutzung, welche die frifche Luft durch etwa 45 cm weite Thonröhren *k* einblafen. Diefe Röhren fteigen bei *l* aus dem Fufsboden empor und find mit Krummröhren verfehen, fo dafs die Luft etwa 90 cm über dem Fufsboden der Canäle *d* in der Richtung derfelben ausftrömt. Vor, bezw. über den Mündungen der Röhren befinden fich Braufen, welche nach Bedarf einen kräftigen Regen auf den austretenden Luftftrom fallen laffen, wie man mir fagte, um im Sommer die austretende Luft zu kühlen. (Vergl. Art. 340, S. 325.)

Wegen des kleinen Querfchnittes und der grofsen Länge der Röhren vermögen diefelben, trotz fehr kräftiger Mafchinen, die erforderliche Luftmenge nicht heranzuführen, wefshalb man den Canal, welcher an kalten Tagen den Canälen *d* die Luft liefern foll, auch während des Betriebes der Gebläfe frei nach aufsen münden läfft, fo dafs die aus den Röhrenmündungen *l* mit grofser Gefchwindigkeit austretende Luft zum Anfaugen gröfserer Luftmengen benutzt wird. (Vergl. Art. 198, S. 182: Anlage von *Piarron de Mondéfir*.) Im vorliegenden Falle liegt keine Veranlaffung für eine derartige Anordnung vor, da der erwähnte weite Luft-Zuführungs-Canal neben, bezw. über der Röhre *k* entlang läuft und nahe am Mafchinenraume vorbeigeführt ift.

Der Eintritt der Luft in die Heizkammern wird durch in die Oeffnungen *e* gefetzte Klappen geregelt.

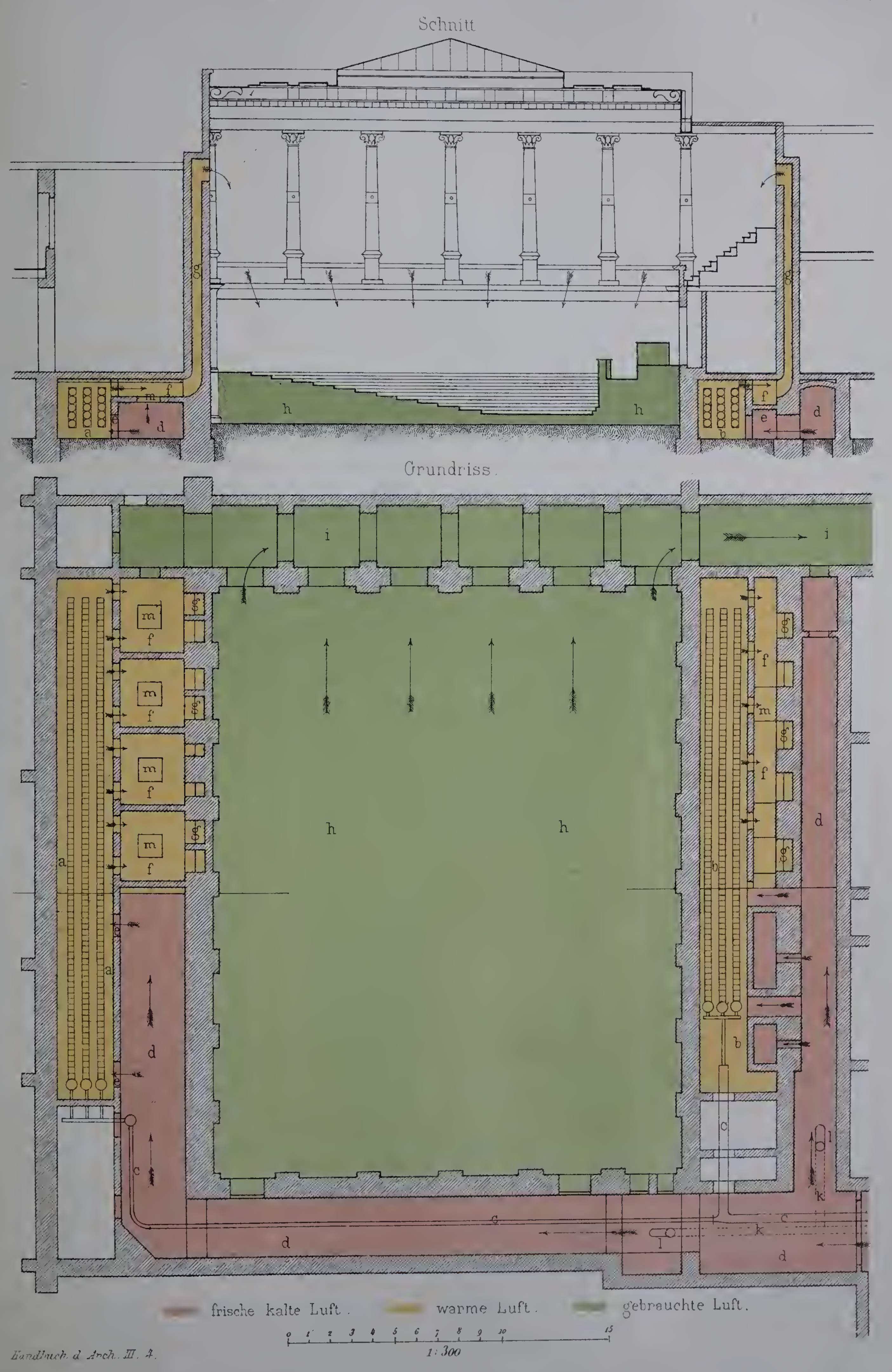
Die Dampfröhren der Heizkammern find in drei von einander unabhängige Abtheilungen zerlegt; jede Abtheilung ift für fich abfperrbar und befitzt ihren eigenen Wafferableiter. Die verwendete Heizfläche ift für den Bedarf viel zu grofs und wird defshalb niemals vollftändig benutzt.

Vermöge der Oeffnungen *m* ftehen die Mifchkammern *f* mit den Canälen *d* in Verbindung. Droffelklappen, welche in *m* angebracht find, geftatten einerfeits die Regelung, bezw. Abfperrung des Zutrittes kalter frifcher Luft in die Mifchkammern; andererfeits hemmen die aus dem Boden hervorragenden Ränder derfelben den Zuflufs erwärmter Luft. Die Mifchklappe (vergl. Art. 263, S. 238) würde an diefem Orte zweckmäfsiger wirken. Man fagte mir, dafs die Temperatur der einftrömenden Luft im Winter nicht mehr als 10 Grad höher fei, als die Temperatur der Luft im Saale. Der Lockfchornftein — welcher auch zur Lüftung einiger anderer Räume dient — wird durch einen in der Mitte deffelben ftehenden Ofen erwärmt, welcher einen nur niedrigen Schornftein befitzt. Diefer entläfft den Rauch in den Lockfchornftein, fo dafs — in etwa 1/3 der Höhe der letzteren — die Erwärmung der abgefaugten Luft durch Mifchung derfelben mit dem Rauch der Feuerung erfolgt. An warmen Tagen genügt der hierdurch gewonnene Auftrieb nicht, wefshalb man rings um den Ofen, auf dem Fufsboden des Lockfchornfteines, ein mächtiges Holzfeuer unterhält. Die Kühlhaltung des Saales foll im Sommer in befriedigender Weife gelingen, und zwar ohne dafs über Zug geklagt werde. Die Vermeidung des Zuges dürfte theils daher rühren, dafs man die Luft gleichzeitig eindrückt und ausfaugt, fo dafs der Druck der Luft im Saale demjenigen der Luft in den angrenzenden Räumen annähernd gleich ift. Vorwiegend dürfte jedoch die zugfreie Lüftung dadurch hervorgebracht werden, dafs man dem Saale nur folche Luft zuführt, deren Temperatur nur wenig unter derjenigen des Saales ift. Da befondere Kühlvorrichtungen, mit Ausnahme der erwähnten Braufen, nicht vorhanden find, fo findet die Kühlung der frifchen Luft nur durch die Wände der Canäle, vielleicht auch durch die vorher unter einigem Drucke befindlich gewefene Luft ftatt, welche die Gebläfe heranführen. Diefe Kühlung kann nicht erheblich fein, wefshalb die erwähnte Erfcheinung fich von felbft erklärt. Da trotzdem die Temperatur des Saales eine erträgliche bleibt, fo ift nach einer anderen Urfache zu fuchen. Diefe findet fich fofort: im Saale werden nur zwei Gasflammen benutzt, nämlich diejenigen der Stenographentifche; die übrige Erleuchtung erfolgt durch das Deckenlicht. Vier Wagen, welche mehr als 500 Gasbrenner tragen, werden, fobald die Dunkelheit hereinbricht, auf Geleifen über das Deckenlicht gefahren und vermitteln fo die Beleuchtung, ohne dafs die Wärme, welche durch die Gasflammen erzeugt wird, in erheblichem Mafse auf die Temperatur des Saales einzuwirken vermöchte. Ein Theil der Wärmeftrahlen fällt zwar in den Saal und veranlafft hierdurch eine Temperaturfteigerung deffelben (man fagte mir, dafs in Folge der Beleuchtung ftündlich eine Temperaturerhöhung von etwa 1 Grad ftattfinde); jedoch ift diefe nicht in Vergleich zu ziehen mit derjenigen, welche eintreten würde, fobald die leuchtenden Flammen ihre Rauchgafe in den Saal abgeben.

Die im Kellergefchofs befindliche Bedienungsmannfchaft wird durch Sprachrohre von dem Zuftande im Sitzungsfaale benachrichtigt. Das Verfahren ift koftfpielig, da ein befonderer Diener im Saale verwendet

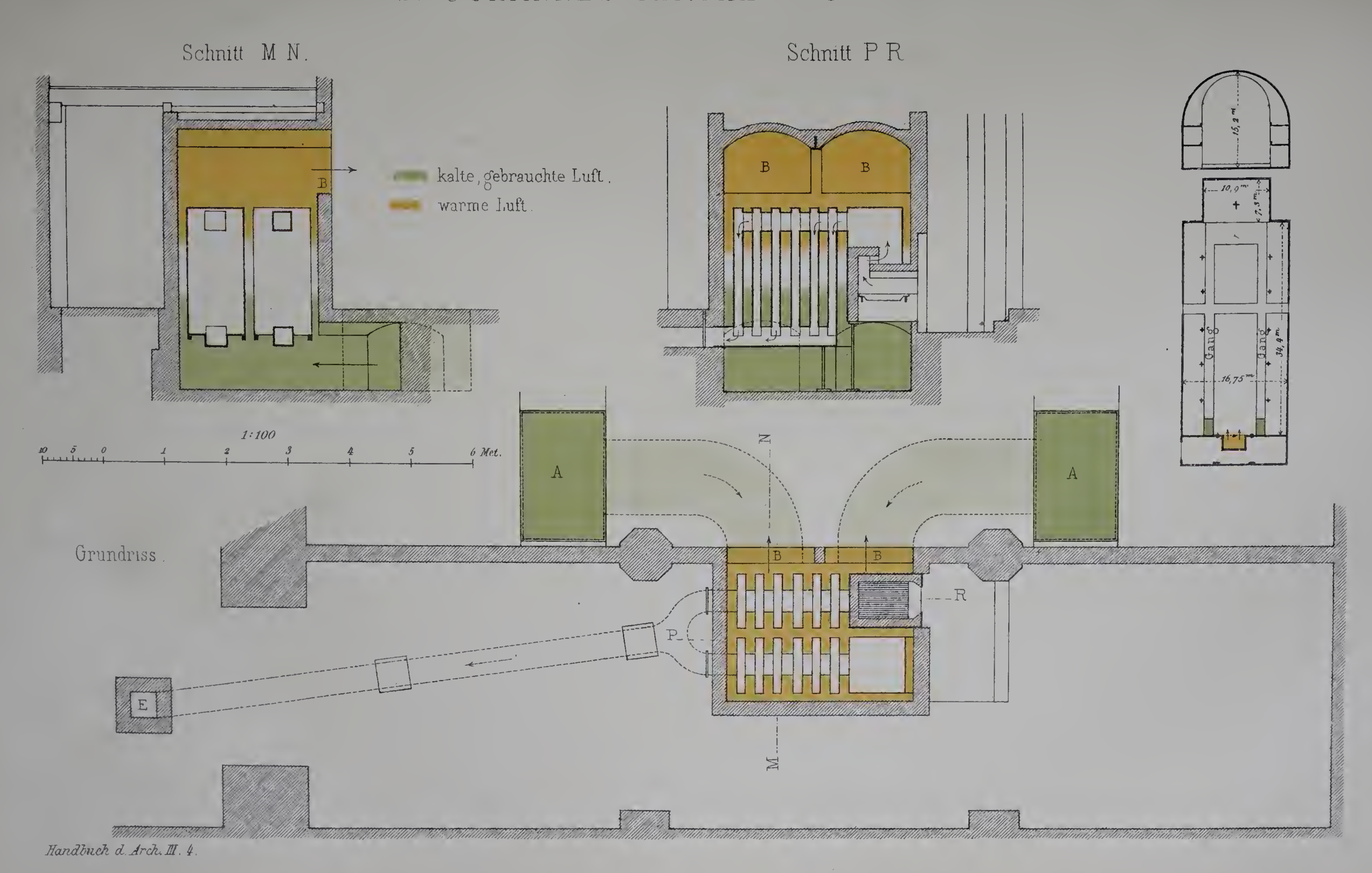
Zu S. 364.

GROSSER SITZUNGSSAAL DES DEUTSCHEN REICHSTAGES ZU BERLIN





Zu S. 365.


St JOHANNES-KIRCHE IN HANNOVER.
Schnitt M N.
Schnitt P R.
kalte, gebrauchte Luft.
warme Luft.
B
A
E
M
N
P
R
Gang
15,2 m
10,9 m
7,3 m
16,75 m
34,4 m
1:100
10 5 0 1 2 3 4 5 6 Met.
Grundriss.



werden mufs, jedoch recht zweckmäfsig, fo fern der in Rede ftehende Diener aufmerkfam ift und feine Beobachtungen in zweifellofe Worte zu kleiden vermag.

385. Beifpiel VI.

ζ) Feuer-Luftheizung der St. Johannis-Kirche in Hannover. Im Laufe des Jahres 1871 wurde diefelbe von mir ausgeführt. Die nicht fchöne Kirche ift auf der neben ftehenden Tafel im Grundrifs und Querfchnitt fkizzirt; auch find dort die wefentlichften Mafse eingefchrieben. In den $1{,}4^{m}$ dicken Seitenwänden befinden fich an jeder Langfeite je 6 Stück $1{,}5^{m}$ breite, 5^{m} hohe und 6 Stück $1{,}5^{m}$ breite, 2^{m} hohe einfache Fenfter; in der Wand hinter dem Altare find zwei Fenfter vorhanden. Das Gewölbe ift aus Schalbrettern gebildet, welche an der Unterfläche gerohrt und geputzt find.

Wegen der grofsen Gefammtlänge der Kirche — $46{,}67^{m}$ im Lichten — konnte der am weftlichen Ende, unter der Orgel befindliche Raum von dem den Zwecken des Gottesdienftes gewidmeten Schiff abgetrennt werden, wodurch ein geeigneter Aufftellungsort für die Heizkammer gewonnen wurde. Die Heiz-Anlage wurde nur wenig im Boden verfenkt, was wünfchenswerth erfchien, da einerfeits an den für die Heiz-Anlage möglichen Stellen mit Gebeinen gefüllte Gewölbe fich befanden — felbft die vorliegende Anlage erforderte die theilweife Ausräumung eines Grabgewölbes — andererfeits der Grundwafferftand wegen der tiefen Lage der Kirche der vollftändig verfenkten Heizkammer gefährlich geworden wäre. Für die Schornfteinanlage bot fich ein geeigneter Platz in dem an der nordweftlichen Ecke befindlichen, nahezu unbenutzten Flügelbau. Die Höhe des Schornfteines, welcher im Firft diefes Flügelbaues mündet, ift 16^{m} über dem Fufsboden der Kirche; wenn fchon hierdurch ein fehr kräftiger Zug gefichert ift, fo ift doch durch eine Windkappe die Mündung des Schornfteines gegen die Einflüffe der aus der Nähe des Thurmes erwachfenden Luftwirbel gefchützt worden.

Von einem künftlichen Luftwechfel der Kirchen kann im Allgemeinen abgefehen werden, fo dafs auch hier lediglich Umlaufsheizung in Anwendung gekommen ift.

Am Boden der zwifchen den Kirchenftühlen befindlichen Gänge, und zwar bei *A A*, find mittels durchbrochener Platten Schächte verdeckt, welche die kältefte Luft der Kirche in den unteren Theil der Heizkammer treten laffen. In diefer befinden fich zwei Oefen[261]), deren Heizfläche je $26{,}6^{qm}$, deren Roftfläche je $0{,}4^{qm}$ beträgt. Die erwärmte Luft gelangt durch die leicht vergitterten Oeffnungen *B* in die Kirche.

Der Rauch der Oefen fammelt fich neben der Heizkammer in einem unter dem Fufsboden liegenden Canal, welcher ihn dem Schornfteine *E* zuführt. Behuf Anlockens des Rauches ift über dem Fufsboden eine Thür im Schornftein angebracht; es ift jedoch felten erforderlich, von einer vorherigen Erwärmung des Schornfteines Gebrauch zu machen.

Bei 10 Grad Kälte (während der vorhergehenden Tage fchwankte die Temperatur zwifchen — 4 und — 10 Grad) wurden durch 6-ftündiges Heizen + 11 Grad im Schiff, + 12 Grad auf der unteren Empore erzielt; unterhalb der Ausftrömungs-Oeffnungen *B* zeigte das Thermometer 12 Grad, während ein auf den Altar gefetztes Thermometer wenig unter 11 Grad zeigte. Aufser dem Brennftoff für das Anfeuern wurden 490^{kg} Steinkohle gebraucht. Die Koften der Anlage, einfchl. aller Maurer- u. f. w. Arbeiten, betrugen 3600 Mark.

386. Literatur-Angaben.

η) Die Befchreibung anderweitiger ausgeführter, bezw. projectirter Heizungs- und Lüftungs-Anlagen ift in den nachftehenden Quellen zu finden.

Chauffage et ventilation de l'opéra-comique. Revue gén. de l'arch. 1840, S. 306.

Chauffage et ventilation de la maifon pénitentiaire de Rethel. Revue gén. de l'arch. 1842, S. 18, 476.

Ventilation à l'hôpital de Glasgow. Revue gén. de l'arch. 1842, S. 183.

Chauffage et ventilation d'un hôpital. Revue gén. de l'arch. 1844, S. 493.

Ventilation d'une falle d'école primaire; réfultats. Revue gén. de l'arch. 1844, S. 445.

Obfervations critiques fur le mode de chauffage de l'hofpice général de Rouen. Revue gén. de l'arch. 1845—46, S. 27.

Ventilation der Krankenfäle im Fieberfpital zu London. Allg. Bauz. 1851, S. 22.

Chauffage des ferres de Liège. Revue gén. de l'arch. 1851, S. 201.

STEIN. Das GERSON'fche Modewaaren-Lager zu Berlin. Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1851, S. 136.

Das neue Kafernement für das Königl. Preufs. zweite Garde-Ulanen-Landwehr-Regiment zu Moabit bei Berlin. Heizung der Kaferne. Zeitfchr. f. Bauw. 1851, S. 257.

RÖMER, E. Die Irren-Anftalt zu Schwetz. Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1854, S. 214, 218.

HASELBERG, E. v. Heizung mit erwärmter Luft in dem neuen Theil des Arbeitshaufes zu Stralfund. Zeitfchr. f. Bauw. 1854, S. 407.

261) Siehe: Mitth. d. Gwbver. f. Hannover, 1872, S. 37.

Heizung und Ventilation der Gefängniffe Mazas in Paris, in Provins, in Tours, der Kirche St. Roch in Paris, des grofsen Amphitheaters, des Confervatoriums der Künfte und Handwerke, des Sitzungsfaals des Inftituts und des Spitals du Nord. Allg. Bauz. 1854, S. 38.

Ventilation des *Dépotoir* von *La Villette*. Allg. Bauz. 1854, S. 82.

Chauffage et ventilation de l'école polytechnique. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 194.

Chauffage et ventilation de l'hôpital Lariboifière. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 201.

Chauffage et ventilation de l'inftitut de jeunes-aveugles, de l'hofpice de Charenton, de l'école d'Alfort, de l'hôpital Necker, de l'école des mines. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 208.

Chauffage de la Madeleine, de Saint-Sulpice et de Saint-Philippe-du-Roule. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 208.

Chauffage de ferres du jardin des plantes. Revue gén. de l'arch. 1849, S. 255; 1855, S. 206.

Chauffage du confervatoire des arts et métiers. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 207.

Chauffage du palais du Luxembourg. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 207.

Chauffage du palais de juftice. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 208.

Chauffage du confeil d'État, de la bibliothèque Sainte-Geneviève, de l'hôtel de la préfidence du corps législatif du miniftère des affaires étrangères, de l'obfervatoire. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 208.

Ventilation et refrigération de la falle des féances du palais de l'Inftitut. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 204.

LÜBKE. Praktifche Bemerkungen über Luftheizung nebft Befchreibung des Luftheizungsofens in dem Realfchul-Gebäude zu Stralfund. Zeitfchr. f. Bauw. 1857, S. 509.

BEYER, B. Ueber Anlage von Warmwafferheizungen mit befonderer Berückfichtigung der im Auguftinerklofter zu Magdeburg ausgeführten Warmwafferheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1857, S. 23.

ZENETTI. Das neue ftädtifche Gebärhaus in München. Die Ventilation und Heizung der Säle. Zeitfchr. f. Bauw. 1858, S. 13, 16.

STÜLER. Ueber den Bau neuer evangelifcher Kirchen in England. Ventilation, Schornfteine und Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1858, S. 389, 391.

WAESEMANN. Luftheizung im Erweiterungsbau des Königl. Stadtgerichts zu Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1859, S. 8.

RUNGE, G. Heizung und Ventilation im neuen Opernhaufe zu Philadelphia. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 155.

KRANZ. (Mifsglückte) Heizung in der evangelifchen Kirche zu Solingen. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 303.

Der Heiz- und Ventilationsapparat nach dem Syftem des Dr. VAN HECKE im Hofpital Necker zu Paris. Allg. Bauz. 1861, S. 8.

Chauffage et ventilation de l'hofpice de Gifors. Revue gén. de l'arch. 1861, S. 212.

Rapport de la commiffion fur le chauffage et la ventilation du théâtre lyrique et du théâtre du cirque impérial. Paris 1862.

RÖMER. Heizung und Ventilation im Hofpital Beaujou. Zeitfchr. f. Bauw. 1862, S. 419.

LOHSE & KOCH. Wafferheizung in dem Project eines Zellengefängniffes für Frankfurt a/M. Zeitfchr. f. Bauw. 1862, S. 435.

Warmwafferheizung im Wohnhaufe des Herrn von KLEIN in Wien. Allg. Bauz. 1862, S. 241.

BÖHM, J. Ventilation und Heizung im Garnifon-Spitale Nr. 1 zu Wien. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1862, S. 102.

Ventilation d'une école de garçons, d'une école des filles, d'une école congréganifte de garçons. Revue gén. de l'arch. 1862, S. 11.

Ventilation des théâtres de la place du Châtelet. Revue gén. de l'arch. 1862, S. 93.

KOCH. Ventilation neuer Hofpitäler und Kafernen in England. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 129.

KOCH. Ueber Ventilation und Dampfheizung im Parlamentsgebäude zu London. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 132.

HESSE. Beleuchtung und Ventilation im *Buckingham Palace* zu London, *Théâtre impérial de Châtelet* zu Paris, *Théâtre de la gayeté* zu Paris. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 538.

COHN. Ventilation des *Théâtre lyrique*, Project von D'HAMELINCOURT. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 643.

LOHSE. Wafferheizung nach PERKIN's Syftem im Meyfel'fchen Theater in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 660.

Beheizung und Ventilation des neuen Irrenhaufes zu Frankfurt a/M. Allg. Bauz. 1863, S. 244.

KLOTZBACH, J. Befchreibung der Warmwaffer-Heizung in der Strafanftalt zu Brieg. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1863, S. 285, 405.

Chauffage du théâtre de Covent-Garden, à Londres. Revue gén. de l'arch. 1863, S. 243.

NEU. Wafferheizung in den Dienfträumen des Telegraphen-Directionsgebäudes in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1864, S. 463.

Ventilation de la nouvelle morgue de Paris. Revue gén. de l'arch. 1864, S. 229.

MACKENZIE. Ventilation und Heizung von *St. George's Hall* in Liverpool. *Civ. eng. and arch. journ.* 1864, S. 136. Polyt. Centralbl. 1864, S. 984. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 503.

WIEDENFELD. Dampfheizung in der Wagenlackirwerkftatt auf dem Bahnhof zu Frankfurt a/O. Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 81, 117.

WIEDENFELD. Luftheizung im Wagenrevifionsfchuppen auf dem Bahnhof zu Frankfurt a/O. Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 82, 125.

FUNK. Refultate der Heizung und Ventilation in der Hebammen-Lehranftalt zu Hannover. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1865, S. 247.

Ventilation des hôpitaux de Londres. Revue gén. de l'arch. 1865, S. 227.

MORIN. Heizung und Lüftung der Hörfäle des *Confervatoire. Annales du conferv. des arts et mét.* 1865, S. 21.

MORIN. Heizung und Ventilation der Entbindungsanftalt in Petersburg. *Annales du conferv. des arts et mét.* 1865, S. 507.

HEIDMANN. Hofpital zu Glasgow und Guy-Hofpital zu London, in Bezug auf Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 96.

HITZIG, F. Die Börfe in Berlin. Heizung der Säle. Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 156.

CREMER, A. Das neue Anatomiegebäude in Berlin. Ventilation und Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 166.

LOHSE, A. Das König-Wilhelm-Gymnafium in Berlin. 9) Heizung. 10) Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 346.

Thermalwafferheizung der katholifchen Stadtpfarrkirche in Baden-Baden. Allg. Bauz. 1867, S. 202. Deutfche Bauz. 1867, S. 277.

Luftheizung in den Irrenanftalten zu Göttingen und Osnabrück. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1867, S. 328. Deutfche Bauz. 1867, S. 17.

Warmwafferheizung im Abgeordneten-Haufe zu Berlin. Deutfche Bauz. 1867, S. 388, 399, 467.

PETZHOLDT. Anlage, Koften und Refultate einer Wafferheizung in der Heilanftalt Sonnenftein. Polyt. Centralbl. 1867, S. 292.

Chauffage et ventilation de la maifon d'arrêt de Lyon. Revue gén. de l'arch. 1867, S. 113.

Heizungs- und Ventilationseinrichtungen des auswärtigen Minifteriums in London. *Civ. eng. and arch. journ.* 1867, S. 329.

LÄMMERHIRT. Warmwafferheizung in der Louifenftiftung in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 121.

MÖLLER. Erziehungshaus für fittlich verwahrloste Kinder am Urban in Berlin. Ventilation und Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 152.

VOIT. Heifswafferheizung in den Gewächshäufern des botanifchen Gartens in München. Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 318.

HESSE. Heifswafferheizung im Stadtgerichtsgebäude zu Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 472.

HESSE. Warmwafferheizung im ftatiftifchen Bureau in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 473.

Luftheizung im Kaiferlichen Palais zu Berlin. Deutfche Bauz. 1868, S. 222.

Luftheizung in dem Perfonenbahnhof zu Stuttgart. Organ f. d. Fortfch. d. Eifenbahnw. 1868, S. 205.

GROPIUS, M. Die Provinzial-Irrenanftalt zu Neuftadt-Eberswalde. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1869, S. 178.

GERSTENBERG. Die Gemeindefchulen der Stadt Berlin. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1869, S. 495.

ZENETTI. Krankenhaus zu München, Vorftadt Haidhaufen. Ventilation und Heizung. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 45.

Dampfheizung in den Schulen zu Kiel. Deutfche Bauz. 1869, S. 99.

Chauffage et ventilation du théâtre du Vaudeville, à Paris. Revue gén. de l'arch. 1869, S. 274.

GERSTENBERG. Warmwafferheizung im Sophien-Realfchulgebäude in Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1870, S. 20.

FISCHER. Das Gymnafium Andreaneum zu Hildesheim. Befchreibung der Heiz- und Ventilations-Einrichtungen. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1870, S. 172.

Luftheizung im Werkftätten-Gebäude der Niederfchlefifch-Märkifchen Bahn in Frankfurt. Deutfche Bauz. 1870, S. 388.

HILBIG. Ueber die von ihm ausgeführten Luftheizungen im Rigaer Polytechnikum. Notizbl. d. techn. Ver. zu Riga 1870, S. 8.

Ventilation in dem neuen Hofpital zu Gent. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1870, S. 317.

LANGE. *Petit hôtel avec chauffage général, 6, rue de Rovigo, à Paris. Nouv. annales de la conft.* 1870, S. 108.

Luftheizung im Empfangs-Gebäude der Niederfchlefifch-Märkifchen Bahn zu Berlin. Deutfche Bauz. 1870, S. 378, 385, 391, 415; 1871, S. 37.

Chauffage des magafins réunis. Revue gén. de l'arch. 1870—71, S. 22.

Ventilation in der gynäkologifchen Klinik zu Bonn. Deutfche Bauz. 1871, S. 64.

Ventilation und Heizung in der geburtshilflichen Klinik zu Königsberg. Deutfche Bauz. 1871, S. 279.

Die Annen-Realfchule in Dresden und die Heiz- und Ventilationseinrichtungen derfelben. Deutfche Bauz. 1871, S. 407.

ESSER. Die polytechnifche Schule zu Aachen. Ventilation und Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1871, S. 13, 17.

FRIEDRICH. Annen-Realfchule in Dresden. Ventilation und Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1871, S. 442.

RÖMER. Empfangsgebäude auf Bahnhof Guben. Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1871, S. 455.

LOVIS. Heizung und Ventilation des Gewerbevereinshaufes zu Riga. Notizbl. d. techn. Ver. zu Riga 1871, S. 73, 93.

DODERER. Das Pädagogium zu Petrinja. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1871, S. 284.

WIMAN, E. A. Warmwafferheizung des Schulgebäudes in Wefterwik. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1871, S. 679.

Ventilationseinrichtung in dem Setzerfaale der Cölnifchen Zeitung. Deutfche Induftrieztg. 1871, S. 36.

The ventilation and warming of the Royal Albert hall. Builder 1871, S. 80.

The Royal Albert hall of arts and fciences. A magnificent fyftem of heating and ventilation. Scientific American, Bd. 22, S. 393.

LENT. Die Heizeinrichtung im Zeltlazarethe des Garnifonslazarethes in Cöln. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öff. Gefundheitspfl. 1871, Nr. 1.

MORIN. Ueber Heizung und Ventilation des *Palais du corps législatif* in Paris während der Sitzungsperiode 1869—70. *Comptes rendus*, Bd. 73, S. 5.

Ventilation eines Setzerfaales. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1871, S. 148.

CREMER, R. Die neue Straf-Anftalt in Aachen. 1) Die Ventilation. 2) Die Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1872, S. 11, 14.

NEUREUTHER, G. Neubau der polytechnifchen Schule in München. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1872, S. 24.

Luftheizung in den Berliner Gemeindefchulen. Deutfche Bauz. 1872, S. 309, 315, 325.

Ventilation im ftädtifchen Krankenhaufe zu Magdeburg. Deutfche Bauz. 1872, S. 361.

MEYER, F. Die Warmwaffer-Heizung von San Galli in St. Petersburg. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 239.

VOIGTEL. Notizen über das neu erbaute Garnifonslazareth zu Altona, mit befonderer Berückfichtigung der Heiz- und Ventilationsanlagen. Deutfche milit.-ärztl. Zeitfchr. 1873, S. 523.

GROPIUS & SCHMIEDEN. Der Evacuations-Pavillon für die Krankenanftalt Bethanien in Berlin. Ventilation und Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1873, S. 133.

ORTH, A. Die Zionskirche in Berlin. Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1873, S. 432.

WALDHAUER, C. Stadt-Krankenhaus in Riga. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1873, S. 505.

Luftheizung in der Porzellan-Manufactur zu Schramberg. Deutfche Bauz. 1873, S. 124.

Luftheizung in der geburtshilflichen Klinik zu Königsberg. Deutfche Bauz. 1873, S. 139.

Dampfheizung und Ventilation im Opernhaus zu Wien. Deutfche Bauz. 1873, S. 402.

Luftheizung im Wohnhaufe des Herrn Fabrik-Director MOHR in Sinzig bei Bonn. Baugwks.-Ztg. 1873, S. 83.

Luftheizung in der evangelifchen Kirche zu Seckenheim. Baugwks.-Ztg. 1873, S. 156.

Chauffage et ventilation du nouvel hôtel de la fociété des ingenieurs civils à Paris. Nouv. annales de la conft. 1873, S. 76. Deutfche Bauz. 1873, S. 267.

Chauffage et ventilation des magafins de la Belle Jardinière. Revue gén. de l'arch. 1873, S. 14.

CREDÉ, B. Ventilation, Heizung und Beleuchtung des Parlamentsgebäudes in London. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1874, S. 402.

HEISE, F. Das königliche Militär-Hofpital zu Dresden. Ventilation und Heizung. Allg. Bauz. 1874, S. 31.

FELLNER, F. Ueber den Bau des Wiener Stadttheaters. Heizung und Lüftung. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874, S. 42.

Palais de juftice du Hâvre. Moniteur des arch. 1874, Pl. 39.

GROPIUS & SCHMIEDEN. Das ftädtifche allgemeine Krankenhaus in Berlin. Ventilation und Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1875, S. 142, 143, 453; 1876, S. 14, 20, 153.

SCHWATLO. Kaiferliches General-Poftamt in Berlin. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1875, S. 443.

FÖRSTER, E. v. Die komifche Oper in Wien. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1875, S. 23.

TROJAN, E. K. k. öfterr. Zellengefängnifs in Stein an der Donau. Beheizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1875, S. 58.

Das pathologifche Inftitut in München. Ventilation und Heizung. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1875, S. 21.

Heifswaffer-Heizung im Gymnafium zu Dresden. Deutfche Bauz. 1875, S. 241.

Luftheizung im Anatomie-Gebäude der Leipziger Univerfität. Deutfche Bauz. 1875, S. 308.

INTZE. Ueber Heizung und Ventilation des neuen chemifchen Laboratoriums zu Aachen. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. f. Nied. u. Weftf. 1875, S. 36.

KOPP, E. Bericht über Heiz- und Ventilations-Einrichtungen im neuen Schulhaufe der Gemeinde Enge. Blätter f. Gefundheitspfl. 1875, S. 41, 55.

Die neue Baracke der chirurgifchen Klinik in Dorpat und ihre Ventilation. Dorp. med. Wochfch. 1875, S. 81.

Ventilation of Colfton hall, Briftol. Builder, Bd. 33, S. 999.

Ventilation im BORSIG'fchen Arbeiter-Speifefaal in Berlin. Deutfche Bauz. 1876, S. 285.

Heizung im Gefängnifs am Plötzenfee bei Berlin. Deutfche Bauz. 1876, S. 389, 398.

Luftheizung im landwirthfchaftlichen Inftitut und in der Augenklinik zu Königsberg. Deutfche Bauz. 1876, S. 507.

FUNK. Die Irrenanftalt zu Osnabrück. G) Heizung und Ventilation. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1876, S. 36.

TÖKEI. DAUTZENBERG's Warmwafferanlage im Landesgebärhaus in Prag. Techn. Blätter 1876, S. 117.

TOBIN's neue Ventilationsmethode in St. George's Hofpital in London. Wien. med. Preffe 1876, Nr. 11. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öff. Gefundheitspfl. 1876, S. 114.

Chauffage et ventilation de la falle des féances de la chambre des députés, au palais de Verfailles. Revue gén. de l'arch. 1876, S. 17.

Chauffage et ventilation d'un groupe fcolaire, rue d'Aléfia, à Paris. Revue gén. de l'arch. 1876, S. 100.

Chauffage de la nouvelle ménagerie des reptiles, au jardin des plantes, à Paris. Revue gén. de l'arch. 1876, S. 205.

Ventilation des bureaux de la banque coloniale de Nouméa. Revue gén. de l'arch. 1876, S. 158.

Chauffage et ventilation du collège Andréanum à Hildesheim. Annales induftr. 1876 — I, S. 266, 328, 360.

BOUILLARD. Ueber die Heizung des Militärhofpitals in *Amélie-les-Bains* durch Circulation von Thermal-waffer in gufseifernen Röhren. *Annales d'hyg.* 1876, S. 273, 396.

Le chauffage et la ventilation de l'hôtel de ville. Nouv. annales de la conft. 1876, S. 180.

Report on the ventilation of the capitol of the United States. Building news, Bd. 31, S. 23.

Chauffage et ventilation du nouvel hôtel de ville de Paris. La femaine des conft., Jahrg. 1, S. 481, 496, 509.

Heizung und Ventilation im neuen Dresdener Theater. Gefundheit 1877, S. 283.

QUASSOWSKI. D r Perfonenbahnhof der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eifenbahn-Gefellfchaft zu Berlin. Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1877, S. 29.

HENNICKE & v. d. HUDE. Der Kaiferhof in Berlin. Lüftung und Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1877, S. 169.

HERRMANN. Neue Strafanftalt am Plötzen-See bei Berlin. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1877, S. 348; 1878, S. 156, 362, 517; 1881, S. 162.

VOIT, E. & J. FORSTER. Studien über die Heizungen in den Schulhäufern Münchens. Zeitfchr. f. Biologie 1877, S. 1, 305.

Ventilation: Goldfmith refidences. Builder, Bd. 35, S. 988.

HESSE. Ueber die Anlage von Central-Luftheizungen in dem landwirthfchaftlichen Inftitut und in der Augenklinik der Univerfität zu Königsberg. Mitth. d. oftpreufs. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—78, S. 27.

BLANKENSTEIN. Der Neubau der Dorotheenftädtifchen Realfchule und des Friedrich-Werderfchen Gymnafiums zu Berlin. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1878, S. 11.

Das neue Opernhaus in Wien. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1878, S. 86.

Zentralheizungs-Anlage für das Gebäude der technifchen Hochfchule zu Berlin. Deutfche Bauz. 1878, S. 394, 452 u. 491.

Ventilation des britifchen Parlaments zu London. Rohrleger 1878, S. 104.

Ventilation des Abgeordnetenhaufes in Berlin. Rohrleger 1878, S. 104, 121.

HAAG. Dampfheizung und Pulfions-Ventilation im Kriegsfpital zu Ingolftadt. Rohrleger 1878, S. 120.

Die Ventilation des Trocadéro-Palaftes. Rohrleger 1878, S. 136.

Ventilation der öffentlichen Locale und des Café Bauer zu Berlin. Rohrleger 1878, S. 139.

GROVE. Die Ventilationseinrichtung des Siechen'fchen Locals. Rohrleger 1878, S. 312.

VOIGT, C. F. Die Ausftellung der Heizungs- und Ventilations-Projecte für das neue Polytechnikum zu Charlottenburg. Rohrleger 1878, S. 340, 358, 374, 391.

Difpofition einer Warmwaffer-Heizung für gröfsere Verwaltungs-Gebäude. Mafchin.-Conft. 1878, S. 62.

La ventilation du palais du Trocadéro. Eifenb., Bd. 8, S. 127.

Chauffage et la ventilation du palais du Trocadéro. Nouv. annales de la conft. 1878, S. 78, 99.

PHIPSON. *Heating and ventilating apparatus of the Glasgow univerfity. Engng.*, Bd. 26, S. 451.

Chauffage d'une école. La femaine des conft., Jahrg. 3, S. 391, 353.

MARNITZ. Die Central-Dampfheizung und mafchinellen Einrichtungen der Rheinifchen Provinzial-Irrenanftalten. Berlin 1879.

DEHN-ROTFELSER, v. Das neue Gemäldegalerie-Gebäude zu Kaffel. Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1879, S. 29.

GROPIUS & SCHMIEDEN. Heizung und Ventilation im zweiten Garnifon-Lazareth für Berlin, Tempelhof. Zeitfchr. f. Bauw. 1879, S. 182.

HANSEN, TH. v. Der Bau der neuen Börfe in Wien. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1879, S. 11.

Lüftungs- und Heiz-Einrichtungen in den neueren ftädtifchen Schulbauten zu Hannover. Deutfche Bauz. 1879, S. 17.

Ventilation des grofsen Gürzenich-Saales zu Cöln. Deutfche Bauz. 1879, S. 20.

Die Projecte zu den Heiz- und Lüftungs-Anlagen des Gebäudes der neuen technifchen Hochfchule zu Berlin. Deutfche Bauz. 1879, S. 63.

Die neue Bade-Anftalt für Nürnberg. Heiz- und Ventilations-Anlage. Deutfche Bauz. 1879, S. 177.

Heizungs- und Ventilationsanlage eines Gymnafiums. Sammlg. v. Zeichn. f. d. »Hütte« 1879, Nr. 18 a—e.

Dampfheizungs-Anlage des Phyfiologifchen Inftituts der Königlichen Univerfität zu Berlin. Baugwks.-Ztg. 1879, S. 574, 639, 650.

Die Ventilationsprojecte für den grofsen Feftfaal des Gürzenich zu Cöln. Rohrleger 1879, S. 89, 108.

Die Heizung im Treibhaufe des Herrn E. PULS. Rohrleger 1879, S. 133.

Die Ventilation des Gewerbe-Ausftellungsgebäudes. Rohrleger 1879, S. 189.

Ueber die befchränkte Concurrenz für eine Heiz- und Ventilationsanlage der technifchen Hochfchule zu Berlin. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1879, S. 51, 58.

FISCHER, H. Concurrenz zur Erlangung von Projecten für die Heizung und Lüftung des neuen Polytechnikum in Berlin. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 18.

WIMAN, E. A. Heizungsanlage im neuen Zellengefängnifs auf Langholm zu Stockholm. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 97.

Ventilationseinrichtung nach W. u. F. LÖNHOLDT's Syftem in den Wirthfchaftsräumen der Mufeums-Gefellfchaft zu Freiburg i/B. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 25.

Die neue technifche Hochfchule in Stuttgart. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Baukde. 1880, S. 255.

PÉRISSE. *Mémoire fur le chauffage et la ventilation de l'école Monge.* Paris 1880.

KNOBLAUCH, E. Der Umbau der Jerufalem-Kirche. Heizung und Ventilation. Deutfche Bauz. 1880, S. 216.

Chauffage d'une école. La femaine des conft., Bd. 3, S. 341.

Ventilation of the Capitol, Albany. Plumber, Bd. 2, S. 71.

Heating and ventilation of Utica lunatic afylum. Plumber, Bd. 2, S. 329.

BRIGGS, R. *Report on the plans for warming and ventilating of the Bridgeport fchool-houfe to the building committee of Bridgeport high fchool.* Philadelphia 1880.

LORENZ & REIMANN. Bericht über die Centralheizungs- und Ventilationsanlagen in dem Polytechnikum zu Braunfchweig. Zeitfchr. f. Bauw. 1880, S. 227.

ENDELL, F. Gefchäftsgebäude der Ober-Poft-Direction und des Poft-Amts zu Stettin. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Bauw. 1880, S. 365.

SZKALNITZKY & KOCH. Das phyfiologifche Inftitut an der Univerfität zu Budapeft. Heizung und Ventilation. Allg. Bauz. 1880, S. 54.

BAEYER, A. & A. GEUL. Das neue chemifche Laboratorium der Akademie der Wiffenfchaften in München. 5) Heizung und Ventilation. Zeitfchr. f. Baukde. 1880, S. 9.

Die Heizungs- und Ventilations-Anlagen der 99. Gemeindefchule in der Steinmetzftrafse zu Berlin. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 204.

HUNAEUS. Der Umbau des Welfenfchloffes zu Hannover für die technifche Hochfchule. Heizung und Ventilation. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 41.

Ventilation eines Gefellfchaftsfaales. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 279.

Ventilations-Einrichtung eines Haufes in New-York. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 14.

GUILLAUME, E. *Maifon commerciale, rue d'Uzès, à Paris. Revue gén. de l'arch.* 1880, S. 247 u. Pl. 30—36.

The improved ventilation of the council chamber, Guildhall, London. Iron, Bd. 15, S. 171. *Builder*, Bd. 38, S. 291. *Sanit. record*, Bd. 11, Suppl., S. 1.

FABIAN, H. W. Die Heizungs- und Ventilations-Anlage im neuen Opernhaufe zu Frankfurt a/M. Baugwks.-Ztg. 1881, S. 78, 92.

Dampfheizung für eine Kirche. (Heil. Geift-Kirche zu Magdeburg.) Deutfche Bauz. 1881, S. 127.

SKALWEIT, J. Unterfuchung einer gröfseren Centralheizanlage. Gefundh.-Ing. 1881, S. 5.

Heifswafferheiz-Anlage für eine Schule. (Paafchburger Schulhaus zu Itzehoe.) Deutfche Bauz. 1881, S. 128, 143.

Ventilation of the London cuftom-houfe. Architect, Bd. 25, S. 64. *Building news*, Bd. 40, S. 6, 56.

Heizung und Lüftung des *Hôtel Dieu. La femaine des conft.*, Bd. 5, S. 42.

TROJAN, E. v. Die k. k. Männer-Strafanftalt in Pilfen. Ventilation und Heizung. Allg. Bauz. 1881, S. 30.

Befchreibung der patentirten Niederdruckdampfheizung mittels Thermophoren, ausgeführt im grofsen Männergefängnifs des neuen Criminalgerichtes zu Moabit. Mafchinenb. 1881, S. 155.

DIMINUID, R. & CH. HERSCHER. *Note fur des procédés récents de chauffage et de ventilation obfervés en Autriche, avec defcription particulière du fyftème établi au théâtre de l'opéra à Vienne.* Paris 1881.

Heizung und Ventilation der *École Monge* in Paris. *Mém. et compte rendu de trav. de la foc. d. ing. civ.* 1880, S. 661. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1881, S. 121.

HUDE, v. d. & HENNICKE. Das Central-Hôtel in Berlin. Die Heizungs- und Ventilationsanlagen. Zeitfchr. f. Bauw. 1881, S. 185.

MANGIN, L. *Chauffage et ventilation de l'hôtel-Dieu. La femaine des conft.*, Jahrg. 5, S. 42, 102.

TIEDEMANN, L. v. Die medicinifchen Lehrinftitute der Univerfität in Halle a/S. 12) Die Heizung und Ventilation. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 332, 341.

Neuer Pavillon im Hamburgifchen allgemeinen Krankenhaufe. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 354.

SKALWEIT, J. Unterfuchung einer gröfseren Central-Heizanlage. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1881, S. 215.

Warmwaffer-Mitteldruck-Heizung mit Luftvorwärmung der Volksfchule zu Meifsen. Sammlg. v. Zeichn. f. d. »Hütte« 1881, Nr. 11 a—b.

Dampf-Luftheizung des Gefangenenhaufes zu Chemnitz. Sammlg. v. Zeichn. f. d. »Hütte« 1881, Nr. 12.

Fair Oaks, Addleftone-Ordinary ventilation. Builder, Bd. 41, S. 153.

BAUMANN, F. Ventilation der Brideportfchule in New-York. *Plumber* 1881, S. 354.

ELLIOT, W. G. Ventilation des Madifon-Square-Theaters in New-York. *Plumber* 1881, S. 434.

Ventilating fan at St. Hilda colliery, South Shields. Builder, Bd. 42, S. 70.

A doctor's houfe at Bedford-park. Building news, Bd. 43, S. 532.

KISS. Das Verwaltungsgebäude der Königlichen Bergwerks-Direction zu St. Johann a/S. Zeitfchr. f. Bauw. 1882, S. 440.

FISCHER. Die Projecte für die neue Heizungs- und Ventilations-Anlage im Börfengebäude zu Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 166. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 221.

FRANZIUS. Ventilation des Rathskellers zu Bremen. Deutfche Bauz. 1882, S. 509.

VOIT, E. Die Warmwafferheizung in dem Gebäude für die Königliche Brandverficherungs-Kammer zu München. Zeitfchr. f. Baukde. 1882, S. 13.

PLAGE. Gebäude für Unruhige der Lothringifchen Bezirks-Irrenanftalt zu Saargemünd. Zeitfchr. f. Baukde. 1882, S. 356.

FISCHER. Befprechung der Projekte für Heizung und Ventilation der Berliner Börfe. Gefundh.-Ing. 1882, S. 145.

FISCHER, H. Heizungs- und Lüftungsanlage der erweiterten Börfe in Berlin. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 427.

BENTZEN, G. E. Unterfuchungen über die Ventilation der zwei Hörfäle im hygienifchen Inftitute zu München. Zeitfchr. f. Biologie 1882, S. 470.

Sammlung von Heizungs- und Lüftungsanlagen, ausgeführt durch das Eifenwerk Kaiferslautern etc. Berlin 1883.

PROKOP, A. Die Turnhalle zu Brünn. Allg. Bauz. 1883, S. 11.

Das Aufnahms-Gebäude der k. k. priv. öfterr. Staats-Eifenbahn-Gefellfchaft in Budapeft. Beheizungs-Anlage. Allg. Bauz. 1883, S. 14.

STRIGLER, PH. Schulhausbau der ifraelitifchen Religions-Gefellfchaft zu Frankfurt a/M. J. Heizung. Allg. Bauz. 1883, S. 47.

ZENETTI, A. Der Neubau des HAUNER'fchen Kinderfpitals in München. Zeitfchr. f. Baukde. 1883, S. 146.

KLAHR. Die Heizungs- und Lüftungsanlagen in den chirurgifchen Kliniken der akademifchen Krankenhausanlage zu Bonn. Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 122.

Befchreibung einer Kirchenheizung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1883, S. 25.

SUFFIT, J. *Ventilation par refroidiffement appliquée aux écoles de Lagny. Encyclopédie d'arch.* 1883, S. 93 u. Pl. 876, 890, 877.

SERGUEEFF, N. *Chauffage et ventilation du palais de l'empereur de Ruffie. Nouv. annales de la conft.* 1883, S. 4.

Chauffage à vapeur de la fcène de l'Éden-théâtre. La femaine des conft., Jahrg. 8, S. 66, 177.

WUTTKE, O. & LENZNER. Die Ventilations-Anlagen in dem Garnifon-Lazareth zu Pafewalk: Danzig 1884.

Die Lüftungseinrichtungen in der Reftauration von Siechen in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 11.

Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 189, 205, 217.

FISCHER, H. Die Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes. Deutfche Bauz. 1884, S. 248, 265, 272.

Heiz- und Lüftungs-Einrichtung in dem Laden des Kaufhaufes von Laer (Firma Mezner) in Berlin. Deutfche Bauz. 1884, S. 417.

Zentral-Niederdruck-Dampfheizung für das neue Rathhaus in Düffeldorf. Deutfche Bauz. 1884, S. 524.

HARTMANN, K. Die Konkurrenz für die Heizungs- und Lüftungs-Anlage des neuen Reichstagsgebäudes. Gefundh.-Ing. 1884, S. 287.

Die Heizungs- und Ventilations-Anlage im neuen ftädtifchen Hofpital zu Antwerpen. Gefundh.-Ing. 1884, S. 281, 329.

FISCHER, F. Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 717, 733, 760, 782, 805.

Das Project der Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes von RUD. OTTO MEYER in Hamburg-Eilbeck. Mafchin.-Conftr. 1884, S. 325.

The heating and ventilation of the houfes of parliament, London. American architect, Bd. 16, S. 135.

Heating and ventilation of the Britifh mufeum. American architect, Bd. 16, S. 183.

The heating and ventilation of the new inftitute of technology building. American architect, Bd. 16, S. 208.

Anlage einer Drucklüftung im Königl. Wilhelms-Gymnafium in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 47, 56, 79, 91.

Heizungs- und Lüftungs-Anlage nach Syftem BECHEM & POST, für den Neubau einer Volksfchule in Frankfurt a/M. Deutfche Bauz. 1885, S. 613.

St. Paul's fchool, Hammerfmith. Building news, Bd. 48, S. 145.

MÜLLER, A. Heiz- und Lüftungsanlage im Reftaurant »Société«, Dresden, Waifenhausftr. 29. Deutfche Bauz. 1886, S. 34.

»Haus Schwartz« in Berlin, insbefondere in feinen Heiz- und Lüftungs-Einrichtungen. Deutfche Bauz. 1886, S. 64.

Zentrale Heizungs- und Lüftungs-Anlage im neuen Freimaurerkrankenhaufe zu Hamburg. Gefundh.-Ing. 1886, S. 8, 50.

LESCHETJZKY, J. Die Heiz- und Ventilationsanlage des Wiener Orpheums. Wochfchr. d. öfterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 44.

Ueber die Heiz- und Ventilations-Einrichtung im neuen Wiener k. k. anatomifchen Inftitut. Wochfchr. d. öfterr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 332.

Die Heiz- und Ventilationsanlage im Weltreftaurant »Société« in Dresden. Mafchin.-Conftr. 1886, S. 132.

Dampfheizung einer Tabakfabrik in Le Mans. Pract. Mafchin.-Conft. 1886, S. 190.

Die neue Ventilations-, Beleuchtungs- und Beheizungs-Anlage im kgl. Odeon in München. München 1887.

WAGNER, W. Die Zentral-Heizung der neuen Zollkeller zu Mainz. Deutfche Bauz. 1887, S. 525.

Die Heizungs- und Lüftungs-Anlage im neuen k. k. anatomifchen Inftitut in Wien. Gefundh.-Ing. 1887, S. 18, 49.

Gasbeleuchtung mit Lüftung und Heizung im Saale des kgl. Odeons in München. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1887, S. 213.

Die Heizungsanlagen in den Provinzial-Irrenanftalten zu Merzig und Saargemünd. Gefundh.-Ing. 1887, S. 233.

Renk, F. Heizungs- und Lüftungsanlage der bayerifchen Vereinsbank in München. Gefundh.-Ing. 1887, S. 603.

Heiz- und Lüftungs-Anlage im neuen Leffing-Theater zu Berlin. Deutfche Bauz. 1888, S. 113.

Heizungs- und Lüftungsanlage der chirurgifchen Klinik in Bonn. Gefundh.-Ing. 1888, S. 20.

Heizungs- und Lüftungs-Anlage für das Krankenhaus des Stiftes Bethlehem in Ludwigsluft (Mecklenburg). Gefundh.-Ing. 1888, S. 209.

Flohr. Ueber die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Freimaurer-Krankenhaufes in Hamburg. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1888, S. 46.

Glaser, L. Niederdruck-Dampfheizung und Ventilations-Anlage für das neue Buchhändler-Vereinshaus zu Leipzig. Annalen f. Gwb. u. Bauw., Bd. 23, S. 97.

Luftheizungs-Anlagen für Wiener Gemeindefchulen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 209.

Heizungs- und Lüftungsanlage des Militär-Krankenhaufes in Brüffel. Gefundh.-Ing. 1889, S. 801.

Luftheizungsanlage der Volksfchule am Moorkamp in Hamburg. Gefundh.-Ing. 1890, S. 73.

D. Wafferverforgung der Gebäude.

Von OTTO LUEGER [262]).

387. Allgemeines.

Die Befchaffung von Trink- und Nutzwaffer in ausreichender Menge und guter Befchaffenheit ift ohne Ausnahme für jede menfchliche Wohnftätte Bedürfnifs. Wird das Waffer zum Trinken benutzt, fo mufs daffelbe nicht blofs wohl fchmeckend, fondern auch gefund fein. Die letztere Eigenfchaft kommt in der Regel nicht jenen — wenn auch wohl fchmeckenden — Waffern zu, welche aus dem verdorbenen Boden alter Städte oder gut bebauter Ländereien ftammen; auch nicht unbedingt jenen, welche aus fcheinbar unverdorbenem Boden gefchöpft werden. Es ift defshalb erftes Erfordernifs, vor Benutzung einer vorhandenen Wafferbezugsquelle von zuftändiger Seite — Lebensmittel-Prüfungsftation, Gefundheitsamt etc. — auf Grund chemifcher und mikrofkopifcher Unterfuchung entfcheiden zu laffen, ob das Waffer fich für den häuslichen Gebrauch eignet und ob nach Mafsgabe der Verhältniffe am Entnahmeort auf die Dauer Gewähr für eine gleich bleibend gute Befchaffenheit geboten ift.

Man hat vielfach feft zu ftellen gefucht, welche Ergebniffe der chemifchen und hygienifchen Analyfe (Grenzzahlen) von vornherein vorhanden fein follen, um ein Waffer als gefund (gutes Trinkwaffer) bezeichnen zu können. In vielen Fällen wird man jedoch, auch wenn diefe Grenzzahlen überfchritten fein follten, zunächft die gefundheitliche Bedeutung einer folchen Ueberfchreitung zu prüfen und dann erft für Annahme oder Verwerfung des Waffers fich zu entfcheiden haben. Manchmal mufs man fich auch aus äufseren Gründen — weil kein anderes zu haben ift — mit weniger gutem Waffer begnügen.

Die chemifche und hygienifche Analyfe läfft fich nicht gut in eine Schablone zwängen; es ift vielmehr von hohem Werthe, wenn Urfachen und Wirkungen etwaiger unerwünfchter, über die üblichen Grenzen hinausgehender Eigenfchaften vom Unterfuchenden im befonderen Falle erforfcht und klar gelegt werden [263]). Man wird auf diefe Weife manchmal den Gebrauch eines Waffers noch zuläffig finden, wenn es auch der beftehenden Norm nicht entfpricht. So kann z. B. Waffer aus ftädtifchen Verforgungen (bei Entnahme aus Flüffen mit künftlicher Filtration) oder aus Cifternen etc. durch Trübung äufserlich den Eindruck eines unzuträglichen Waffers hervorrufen, während es thatfächlich keineswegs ungefund und unter Umftänden einem Quellwaffer oder Grundwaffer von tadellofer äufserer Erfcheinung vorzuziehen ift etc.

Nach *Kubel* [264]) mufs ein gutes Trinkwaffer folgenden Anforderungen entfprechen:

1) Das Waffer mufs klar, farblos und geruchlos fein.
2) Die Temperatur deffelben darf in verfchiedenen Jahreszeiten nur um 4 bis 6 Grad fchwanken.
3) Das Waffer darf nur wenig Kaliumpermanganat und wenig Silber reduciren und durchaus keine organifche Materie (mikrofkopifche Pilze etc.) enthalten.
4) Das Waffer darf kein Ammoniak, keine falpetrige Säure und nur geringe Mengen Salpeterfäure enthalten.

---

262) In 1. Auflage bearbeitet durch Herrn Baurath *B. Salbach* in Dresden.

263) Siehe: WOLFFHÜGEL & TIEMANN. Ueber die hygienifche Bedeutung des Trink- und Nutzwaffers. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1883, S. 841.

264) Siehe: KUBEL, W. Anleitung zur Unterfuchung von Waffer etc. 2. Aufl. von F. TIEMANN. Braunfchweig 1874. — Vergl. auch: BONTON & BOUDET. *Hydrotimétrie etc.* 7. Aufl. Paris 1882.

5) Das Waffer darf nicht gröfsere Mengen von Chloriden und Sulfaten, namentlich nicht von Kaliumfulfat, enthalten.

6) Das Waffer darf nicht zu hart fein und namentlich nicht gröfsere Mengen von Magnefiumfalzen enthalten.

7) Das Waffer mufs wohl fchmeckend fein, d. h. es mufs gelöste, fich beim Erhitzen entwickelnde Gafe, befonders Sauerftoff und Kohlenfäure, enthalten.

Als Grenzwerthe für die Güte gelten bei 100 000 Theilen Waffer nach *Kubel*:

50 Theile fefter Rückftand,	0,5 bis 1,5 Theile Salpeterfäure,
18 bis 20 deutfche Härtegrade,	2 bis 3 Theile Chlor,
3 bis 4 Theile organifche Subftanz,	8 bis 10 Theile Schwefelfäure.

Ein Theil Kalk auf 100 000 Theile Waffer wird als ein deutfcher Härtegrad bezeichnet. Waffer, deffen Härte nicht über 20 Grad ift, kann noch zu allen technifchen Zwecken verwendet werden; Waffer mit weniger als 10 Härtegraden gilt als weich.

Die Temperatur ift für ein Genufswaffer von hoher Bedeutung, während diefelbe für Nutzwaffer wenig oder gar nicht in Betracht kommt. Unferen Empfindungen entfpricht im Allgemeinen beim Trinkwaffer am beften die mittlere Jahrestemperatur, wie fie guten Quellwaffern und Grundwaffern eigenthümlich ift; die letzteren eignen fich auch fchon defshalb am beften zu Trinkwafferverforgungen.

Als Nutzwaffer darf jedes reine, farb- und geruchlofe und von Krankheitserregern freie Waffer Verwendung finden; je geringer der Härtegrad deffelben ift, um fo beffer wird es feinem Zwecke entfprechen.

Es ift in allen Fällen am angenehmften, wenn fowohl Trinkwaffer, als Nutzwaffer einer einzigen Bezugsquelle entnommen werden; unbedingt erforderlich ift dies jedoch nicht. Man findet im Gegentheile fehr häufig fowohl in einzelnen Gebäuden und Gebäudegruppen, als auch bei grofsen ftädtifchen Wafferverforgungen gefonderte Trinkwaffer- und Brauchwaffer-Anlagen.

Alles Waffer hat in mehr oder weniger hohem Grade die Eigenfchaft, Körper, mit welchen es in Berührung kommt (befonders Gafe) aufzulöfen. Es wird alfo das in der Natur vorkommende, dem Boden oder der Atmofphäre entftammende Waffer nirgends chemifch rein fein, fondern vielmehr an feinen Beimifchungen erkennen laffen, mit welchen Körpern es fich vor feinem Zutagetreten in Berührung befunden hat. Waffer, welche in Kalkgebirgen gefammelt find, werden hart fein; Waffer aus Gneis, Granit etc. werden geringen Härtegrad, dagegen andere chemifche Beimengungen zeigen etc.[265]). Auch die Leitungen, in welchen das Waffer geführt wird, werden zerfetzt, bezw. angegriffen, befonders metallifche Leitungen und unter diefen vorzugsweife die eifernen.

Unter Umftänden lagert das Waffer einen Theil der von ihm aufgenommenen Löfungen bei längerem Verweilen auf anderen mit ihm in Berührung befindlichen Körpern wieder ab. Die Ablagerungen erfolgen immer, wenn das flüffige Waffer fich in Wafferdampf verwandelt, da die mineralifchen Beimengungen von der Verdampfung ausgefchloffen find. In den Röhrenleitungen bezeichnet man folche Ablagerungen als Incruftationen; diefelben find bei Metallröhren am gröfsten, weniger grofs bei hölzernen Leitungen, Thonröhren, Cementröhren u. f. w.

Wenn das flüffige Waffer die fefte Aggregatform erlangt (gefriert), fo vergröfsert es feinen Rauminhalt; befindet es fich während diefer Zuftandsänderung in allfeits

265) Vergl.: DAUBRÉE. *Les eaux fouterraines à l'époque actuelle.* Bd. II, Buch 3. Paris 1887.
BELOHOUBEK, A. Ueber den Einflufs der geologifchen Verhältniffe auf die chemifche Befchaffenheit des Quell- und Brunnenwaffers. Prag 1880.
LUDWIG, H. Die natürlichen Waffer in ihren chemifchen Beziehungen zu Luft und Gefteinen. Erlangen 1872.

gefchloffenen Gefäfsen (Röhren u. f. w.), fo müffen entweder die Wände diefer Gefäfse nachgeben (z. B. Auftreiben bei Bleiröhren u. f. w.), oder die Gefäfse zerreifsen.

Die Wafferverforgung eines Gebäude-Complexes oder eines Gebäudes wird im Allgemeinen entweder eine felbftändige fein oder durch Anfchlufs an eine beftehende Wafferverforgungs-Anlage erfolgen. Im erften Falle bilden die Art der Waffergewinnung und Zuleitung fehr wichtige Theile des ganzen Entwurfes; einfacher und bequemer wird der letztere, wenn eine das Waffer unter Druck abliefernde Anlage zur Verfügung fteht.

Wir werden im Folgenden Waffergewinnung und Zuleitung nur im Allgemeinen und in Rückficht auf kleinere Anlagen in Betracht ziehen; auf einige gröfsere Anlagen foll durch Literatur-Angaben etc. hingewiefen werden.

---

14. Kapitel.

Wafferbefchaffung.

388.
Waffer-
verbrauch.

Kann die zur Verforgung einer Gebäudegruppe oder eines Gebäudes erforderliche Waffermenge einer öffentlichen Leitung entnommen werden, fo befchränkt fich die ganze Anlage zur Waffergewinnung auf die Herftellung eines Anfchluffes von genügender Weite; fo fern genug Waffer und ausreichende Preffung in der öffentlichen Leitung vorhanden ift, wird es dadurch möglich, nach Gutfinden jede Waffermenge an beliebiger Stelle abzuzapfen. Reicht die Preffung in der öffentlichen Leitung nicht aus, um das zu verforgende Gebäude unmittelbar zu fpeifen, fo mufs zu künftlicher Hebung gegriffen werden; meiftens wird in diefem Falle zwifchen der Hebemafchine und der öffentlichen Leitung ein Wafferbehälter eingefchaltet, in welchen das Waffer der letzteren einfliefst. Seltener wird der Bedarf durch die Pumpe ohne Weiteres aus den Röhren der öffentlichen Leitung abgefaugt.

Vor Allem hängt die Gröfse des Wafferbedarfes davon ab:

1) ob das verbrauchte Waffer mit Leichtigkeit vom Grundftück abgeleitet werden kann;
2) ob — bei Entnahme aus vorhandenen Anlagen — der zu bezahlende Preis für das Waffer im Verhältnifs zum Verbrauche wächst oder ob eine Paufchal-Summe bezahlt wird, für welche eine beliebige Wafferbenutzung (*à discrétion*) erlaubt ift;
3) ob — bei eigener Waffergewinnung — gröfsere Waffermengen leicht erhältlich find oder ob die Lage des Grundftückes nur eine befchränkte Zufuhr geftattet.

Je nach dem Zutreffen der einen oder anderen diefer Vorbedingungen läfft fich, wenn im Uebrigen die mit Waffer zu verforgenden Subjecte und Objecte bekannt find, unter Zugrundelegung der Normalzahlen oder durch unmittelbare Auswerthung der Wafferbedarf ermitteln. Zunächft ift anzunehmen, dafs bei Abgabe des Waffers *à discrétion* (beliebige Entnahme gegen Zahlung einer Paufchal-Summe) und bei beftehender Entwäfferung in dem zu verforgenden Grundftück die verbrauchte Gefammtwaffermenge das Anderthalbfache bis Dreifache ift, als bei Bezahlung des Waffers nach den Angaben eines Waffermeffers.

Ohne Rückficht hierauf hat eine vom »Deutfchen Vereine der Gas- und Wafferfachmänner« niedergefetzte Commiffion im Jahre 1884 folgende Einheiten vorgefchlagen[266]):

a) Privatgebrauch.

1) Gebrauchwaffer in Wohnftätten für den Kopf der Bevölkerung und für den Tag:		
α) zum Trinken, Kochen, Reinigen u. f. w.	20 bis 30	Liter,
β) zur Wäfche	10 bis 15	»
2) Abortfpülung, einmalig	5 bis 6	»
3) Piffoir-Spülung:		
α) unterbrochen (intermittirend) für den Stand und die Stunde	30	»
β) ftändig (continuirlich) für 1 m Spülröhre und 1 Stunde	200	»
4) Bäder:		
α) ein Wannenbad	350	»
β) ein Sitzbad	30	»
γ) einmalige Braufe oder Strahl-Douche	20 bis 30	»
5) Gartenbefprengung an einem trockenen Tage für 1 qm einmal befprengter Fläche	1,5	»
6) Hofbegiefsung desgl. für 1 qm	1,5	»
7) Trottoir-Begiefsung desgl. für 1 qm	1,5	»
8) Ein Pferd tränken und reinigen, ohne Stallreinigung, für 1 Tag	50	»
9) Ein Stück Hornvieh tränken und reinigen, ohne Stallreinigung, für 1 Tag:		
α) Grofsvieh	50	»
β) Kleinvieh	10	»
(ein Kalb 8 l, ein Schaf 8 l, ein Schwein 13 l)		
10) Ein Wagen zur Perfonenbeförderung, Reinigung für 1 Tag	200	»

b) Verbrauch öffentlicher Anftalten.

1) Schulen für den Schüler und den Schultag, ohne Zerftäubung für Luftbefeuchtung	2	»
2) Cafernen:		
α) für den Mann und den Verpflegungstag	20	»
β) für ein Pferd	40	»
3) Kranken- und Verforgungshäufer für den Kopf und den Verpflegungstag	100 bis 150	»
4) Gafthöfe für den Kopf und den Verpflegungstag	100	»
5) Bade-Anftalten mit nur Wannen- und Braufebädern für ein abgegebenes Bad	500	»
6) Wafch-Anftalten für 100 kg Wäfche	400	»
7) Schlachthäufer für 1 Jahr und für 1 Stück gefchlachtetes Vieh	300 bis 400	»
8) Markthallen für 1 qm bebaute Fläche und 1 Markttag	5	»
9) Aichamt für 1 Jahr und für 1 cbm geaichten Holzgefäfses	1100	»
10) Bahnhöfe, Speifewaffer für Locomotiven für 1 Stück und 1 Tag	6000 bis 8000	»

c) Gemeindezwecke.

1) Strafsenbefprengung für 1 qm einmal befprengte Fläche:		
α) gepflafterte Strafsen	1	»
β) chauffirte Strafsen	1,5	»
2) Oeffentliche Gartenanlagen an einem trockenen Tage für 1 qm einmal begoffene Fläche	1,5	»
3) Oeffentliche Brunnen ohne ftändigen Auslauf für 1 Auslaufstag	3000	»
4) Oeffentliche Piffoirs:		
α) unterbrochene (intermittirende) Spülung für den Stand und die Stunde	60	»
β) ftändige (continuirliche) Spülung für 1 m Spülröhre und für 1 Stunde	200	»

Zugefügt mag hier werden, dafs ftändig laufende Brunnen, wie fie in Ge-

[266]) Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1884, S. 543.

birgsgegenden noch fehr häufig angewendet werden, in der Regel für jede Auslaufröhre 10 000 bis 15 000 l Waffer in 24 Stunden verbrauchen und dabei einen gewöhnlichen Wafferkübel in ca. 5 Minuten füllen.

d) Gewerbe.

Brauereien, Gefammtverbrauch während eines Jahres für 1 hl gebrauten Bieres ohne Eisbereitung . . . . 500 Liter

Zuzufügen wäre hier:

Verbrauch an Keffelfpeifewaffer für ftehende Dampfmafchinen ohne Condenfation für 1 Stunde und 1 Pferdeftärke . . . . 20 bis 30 »

Ermittelt man bei umfangreicheren Wafferverforgungen (unter Anwendung von Waffermeffern verforgt) den mittleren Tagesverbrauch für 1 Einwohner, fo erhält man folgende Zahlen:

a) auf dem Lande . . . . 45 bis 50 Liter,
b) in Städten bis zu 5000 Einwohnern . . . 50 „ 60 „ ,
c) in gröfseren Städten . . . . 60 „ 100 „ ,

wobei nicht nur das dem gewöhnlichen Hausverbrauch entfprechende Waffer, fondern auch das Waffer für Begiefsen von Strafsen und Gärten, die Spülung der Canäle, die Kleingewerbe etc. inbegriffen ift. Nicht inbegriffen in den angegebenen Zahlen ift dagegen ein etwaiger Verbrauch für Springbrunnen und Zierbrunnen aller Art, fo wie für ftändig laufende öffentliche Brunnen, gröfsere Fabriken und fonftige in grofsen Mengen wafferverzehrende Anlagen.

389. Tages- u. Stundenverbrauch.

Die vorftehend genannten Zahlen (von welchen bei Abgabe *à discretion* das $1\frac{1}{2}$- bis 3-fache zu nehmen ift) find dadurch erhalten, dafs der gefammte Jahresverbrauch V durch 365 dividirt wurde. Unter den 365 Tagen des Jahres ift jedoch einer, an welchem mehr Waffer verbraucht wird, als an allen übrigen Tagen des Jahres, und unter den 24 Stunden, welche diefer Tag des gröfsten Tagesverbrauches hat, ift wieder eine, innerhalb welcher mehr verbraucht wird, als in jeder der übrigen 23 Stunden. Es giebt alfo einen gröfsten Tagesverbrauch und einen gröfsten Stundenverbrauch. Nach vielfach gemachten Erfahrungen pflegt man den gröfsten Tagesverbrauch gleich dem anderthalbfachen durchfchnittlichen Tagesverbrauche zu fetzen; der gröfste Stundenverbrauch an dem Tage, an welchem der gröfste Wafferverbrauch ftattfindet, beträgt fodann ca. 8 Procent des letzteren.

Nimmt man an, dafs innerhalb diefer Stunde der Verbrauch ein gleichmäfsiger fei, fo mufs bei einer Wafferleitung ohne Ausgleichungsbehälter der Zuflufs allein diefen Verbrauch decken können. Bezeichnet daher V den Gefammtverbrauch an Waffer in einem ganzen Jahre, fo ift

1) der mittlere Tagesverbrauch $V_t = \frac{V}{365} = 0{,}0027\ V$;

2) der gröfste Tagesverbrauch $V_t\ max = 1{,}5\ V_t = 0{,}0041\ V$, und

3) der gröfste Stundenverbrauch am Tage des gröfsten Tagesverbrauches:

$$V_s\ max = 0{,}08 \cdot 1{,}5\ V_t\ max = 0{,}00032\ V.$$

Wird die Zuleitung unmittelbar von den Quellen oder von einem öffentlichen Röhrenftrange gefpeist, fo mufs fie den unter 3 beftimmten Verbrauch befriedigen können. Sie mufs defshalb für die Zufuhr einer fecundlichen Waffermenge von

$$Q_{max} = \frac{V_s\ max}{60 \cdot 60} = 0{,}000000091\ V$$

berechnet werden.

Ift in der zu verforgenden Anlage ein Wafferbehälter, welcher die Verbrauchsfchwankungen während eines Tages ausgleicht, fo genügt es, wenn am Tage des gröfsten Verbrauches die Zuleitung eine fecundliche Waffermenge liefert

$$Q_r = \frac{1{,}5\ V_t}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0{,}000000048\ V.$$

Diefe Mafse find beftimmend für die Lichtweiten der Zuleitungen.

Nimmt man ferner, wie üblich, die Durchflufsgefchwindigkeiten in den Röhren nicht gröfser als 1 m in der Secunde an, fo berechnet fich, wenn V in Cub.-Met. und die Lichtweite der Röhre D in Met. ausgedrückt wird, die letztere

α) bei einer Zuleitung ohne Wafferbehälter:

$$D_{max} = 0{,}00034\ V^{\frac{1}{2}};$$

β) bei einer Zuleitung mit Wafferbehälter:

$$D_r = 0{,}00025\ V^{\frac{1}{2}}.$$

Mufs das Waffer künftlich gehoben werden, fo ift den Verbrauchsfchwankungen während eines Tages Rechnung zu tragen. Ein Ausgleichungsbehälter (Refervoir) ift unerläfslich. Der Wafferverbrauch in Procenten des täglichen Gefammtbedarfes beträgt:

6—7 Uhr Morgens	3,73 Procent,	3—4 Uhr Nachmittags	7,86 Procent,
7—8 » »	5,21 »	4—5 » »	5,21 »
8—9 » »	6,19 »	5—6 » »	6,29 »
9—10 » »	6,44 »	6—7 » Abends	3,68 »
10—11 » »	7,08 »	7—8 » »	5,01 »
11—12 » »	7,76 »	8—9 » »	3,05 »
12—1 » Nachmittags	5,99 »	9 » » bis 6 » Morgens	14,15 »
1—2 » »	5,95 »		
2—3 » »	6,39 »		

Wenn nur etwa 10 Stunden oder noch weniger im Tage Waffer gefördert wird, fo mufs der Wafferbehälter fo grofs fein, um in den Stunden, in welchen die Förderung unterbrochen ift, die Verforgung übernehmen zu können. Mindeftens follte ein derartiger Wafferbehälter fo grofs gemacht werden, dafs er den vierten Theil des gröfsten Tagesverbrauches aufzunehmen vermag.

Selbftverftändlich follen die feither angegebenen Zahlen nur allgemeine Anhaltspunkte liefern; im einzelnen Falle werden befondere Erwägungen nicht zu umgehen fein; auch ift bei der Bedarfsberechnung das Ueberwaffer in Betracht zu ziehen. Wird das Waffer nicht einer öffentlichen Leitung entnommen oder durch künftliche Hebung gefördert, fondern von Quellen bezogen, fo müffen die letzteren den Verbrauch am Tage des gröfsten Bedarfes befriedigen können; an allen übrigen Tagen des Jahres wird fich fodann Ueberwaffer ergeben, und man mufs fich defshalb hüten, das Quellenergebnifs mit dem Werthe V unferer Rechnung zu verwechfeln [267]. Nennt man das Quellenergebnifs M, die Menge des Ueberlaufwaffers während eines Jahres U, fo ift

$$M = V + U \quad \text{und} \quad V = M - U,$$

d. h. ein Quellenergebnifs ift unzureichend, wenn daffelbe nur den Jahresbedarf V liefert. Nach anderwärts gemachten Erfahrungen ift U ungefähr $0{,}3\ M$, alfo

$$M = V + 0{,}3\ M = 1{,}43\ V,$$

d. h. die Quellen müffen etwa 40 Procent mehr liefern, als den Jahresbedarf, wenn nicht am Tage des gröfsten Verbrauches Waffermangel eintreten foll; vorausgefetzt ift, dafs ein Wafferbehälter vorhanden, welcher die Verbrauchsfchwankungen während 24 Stunden ausgleicht.

Zum Schluffe fei noch hervorgehoben, dafs eine zu hohe Schätzung des Wafferverbrauches zwar wirthfchaftliche Nachtheile im Gefolge hat, dafs aber diefe Nachtheile ganz aufser Verhältnifs ftehen zu den nachtheiligen Folgen einer zu geringen Verbrauchsabfchätzung und daraus hervorgehender unbefriedigender Verforgung. Bis zu einem gewiffen Grade wird man auch der Zukunft Rechnung tragen, bezw. auf bevorftehende Erweiterungen der Verforgungs-Anlage, der Einwohnerzahl etc. Rückficht nehmen müffen. Nach diefer Richtung hin genügt es indeffen, wenn für ein Jahrzehnt vorgeforgt wird.

---

267) Siehe: LUEGER, O. Die Wafferverforgung der Stadt Lahr. Lahr 1884.

390. Auffuchen des Waffers.

Die auf die Erdoberfläche gelangenden meteorifchen Niederfchläge verfinken theilweife in den Boden; theils verdunften diefelben, oder fie bewegen fich über dem Boden weg nach den offenen Ablaufgerinnen — den Bächen, Flüffen, Strömen und Seen. Die in den Boden verfinkenden Waffer fetzen fodann in demfelben, fo weit fie flüffig bleiben, ihre Bewegung fort; als folche heifst man fie Grundwafferftrömungen, und den Boden, welchen fie durchftrömen, Grundwafferträger.

Diefer Boden mufs nothwendiger Weife gröfsere oder kleinere capillare und nicht capillare Zwifchenräume haben, welche mit Waffer erfüllt find. Je gröfser die Zahl der nicht capillaren Zwifchenräume und ihr Ausmafs, um fo leichter bewegt fich das Waffer und umgekehrt; je nach Befchaffenheit des Grundwafferträgers wird defshalb — unter fonft gleichen Umftänden — der eine viel, der andere wenig Grundwaffer zu führen vermögen. Bodenarten, welche wenig oder gar kein Grundwaffer durchlaffen, heifsen undurchläffig. Sind undurchläffige Bodenarten von leicht durchläffigen überlagert, fo bilden die erfteren eine unterirdifche Wafferfcheide und die allgemeine Neigung diefer Wafferfcheide beftimmt die Richtung des Grundwafferftromes; an jenen Stellen, an welchen die Wafferfcheide zu Tage fteht und eine tieffte Lage zeigt, treten die Grundwaffer als Quellen hervor.

Da fich diefe Waffer vor ihrem Zutagetreten meift fehr lange unter dem Boden aufgehalten haben und fich aufserordentlich langfam bewegten, ift das zu Tage tretende Waffer meift glanzhell und hat die mittlere Wärme der Bodentiefe, aus welcher es herkommt.

Durch Zwifchenlagerungen, Klüfte und Gebirgsfpalten wird im Uebrigen der unterirdifche Lauf des Waffers fehr erheblich beeinflufst. Ift die undurchläffige Gebirgsart zerriffen, fo verfinkt ein Theil oder alles bis zum Riffe gelangte Waffer nach anderen Richtungen etc., und es können auf diefe Weife die mannigfachften Ausflufsverhältniffe auf gleicher Grundlage entftehen [268]).

Die wenigften Grundwafferftrömungen verlaufen derart, dafs wir ihren Wiederaustritt aus dem Boden als Quellen ohne Weiteres zu fehen vermögen; weitaus der gröfste Theil aller Grundwaffer ergiefst fich unbemerkt in die Flüffe, die Seen und das Meer. Die Thatfache des Vorhandenfeins folcher Strömungen ift jedoch daran erkenntlich, dafs die von ihnen gefpeisten offenen Wafferläufe auch nach langer Trockenheit noch Waffer führen, d. h. nie verfiegen; umgekehrt ift ein nie verfiegender offener Wafferlauf ftets ein Beweis für das Vorhandenfein von Grundwafferftrömungen.

Nimmt in trockenen Zeiten ein Wafferlauf zwifchen zwei Stellen um eine nachweisbare Menge zu, ohne dafs zwifchen diefen Stellen Tagwaffer eintreten, fo kann die Zunahme nur durch den Eintritt von Grundwaffer bewirkt fein. In diefem Umftande liegt defshalb ein fehr beachtenswerther Fingerzeig für die zum Auffchliefsen von Grundwaffer geeigneten Orte.

Es ift felbftverftändlich, dafs ein Grundwafferftrom nie mehr Waffer führen kann, als die meteorifchen Niederfchläge in feinem Infiltrations-Gebiete liefern. Das Infiltrations-Gebiet ift nicht zu verwechfeln mit dem topographifchen Niederfchlagsgebiete; das erftere ift von der oberirdifchen, das letztere von der unterirdifchen Wafferfcheide umrahmt. Die wagrechte Projection der Oberfläche des Infiltrations-Gebietes und die darauf ftehende Cultur ift neben der Durchläffigkeit des Gebirges für die Gröfse der in den Boden gelangenden Verfickerung ausfchlaggebend, welche ftets nur ein Bruchtheil der auf das Gebiet fallenden Regenmenge ift. Man darf es als eine ziemlich fichere Erfahrung anfehen, dafs unter den günftigften Verhältniffen im Quadr.-Kilometer Infiltrations-Gebiet und im füddeutfchen Gebirgslande höchftens ca. 7 Secundenliter Grundwaffer erzeugt werden; in Mitteldeutfchland und Norddeutfchland, entfprechend geringeren meteorifchen Niederfchlägen, erheblich weniger. Im Allgemeinen wird man gut thun, höchftens mit der Hälfte oder dem dritten Theile diefer Ziffer etwaige Annäherungsrechnungen anzuftellen.

Ift das Infiltrations-Gebiet undurchläffig (Gneis, Granit, Porphyr, Thon, Conglomerate etc.), fo kann weder ein irgend wie belangreicher Grundwafferftrom, noch eine gröfsere Quelle entftehen, mag das Flächenmafs des Gebietes auch noch fo

268) Siehe: Lueger. Vertheilung des Waffers, insbefondere des Quellwaffers auf dem Feftlande. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1881, S. 427.

grofs fein; in folchen Gebieten find es meiftens zerftreute kleinere oder gröfsere Fetzen von Alluvial-Abdeckungen des Gebirges, aus welchen fich wenige fpärlich fliefsende Quellen ernähren. Bäche und Flüffe — fo fern fie in diefen Gebieten ihren Urfprung haben — verfiegen in der trockenen Jahreszeit nahezu oder ganz.

Die einem Grundwafferftrome zufliefsende Waffermenge hängt alfo von der Niederfchlagshöhe und der Gebirgsbefchaffenheit ab. Die Nachhaltigkeit, mit welcher ein derartiger Strom Waffer abgeben kann, ift wefentlich beftimmt durch die Gröfse des vorhandenen Grundwafferbehälters — durch den Rauminhalt aller capillaren und nicht capillaren Zwifchenräume im Grundwafferträger, fo weit diefelben mit Waffer erfüllt find. Ift diefer Rauminhalt fehr grofs, fo vermag die aufgefpeicherte Waffermenge ohne Zuflufs von aufsen den Abflufs um fo länger und um fo gleichmäfsiger zu erhalten, je geringer die fecundliche Abflufsmenge ift; der Vorrath an Waffer wird defshalb hier in trockenen Zeiten niemals erfchöpft; die Ungleichheiten zwifchen Zuflufs und Abflufs werden ftets ausgeglichen werden. Ift der Grundwafferbehälter klein, oder ift ein verhältnifsmäfsig grofser Abflufs vorhanden, fo werden fich die im Boden verwahrten Vorräthe rafch erfchöpfen; die Ergiebigkeit des Abfluffes wird defshalb nach langer Trockenheit bedeutend nachlaffen.

Diefer Umftand ift für das Verfahren bei Quellenfaffungen aufserordentlich wichtig. Man kann durch Störungen in den Abflufsverhältniffen hier fehr unerwünfchte Aenderungen hervorrufen. Vermehrt man z. B. durch Vergröfserung der Ausflufsöffnung einer Quelle deren Ergebnifs, fo entleert fich der Grundwafferbehälter leichter und rafcher, als vorher. Ift er alfo nicht fehr grofs, fo erhält man zwar zunächft viel mehr, dagegen fpäter und insbefondere in trockenen Zeiten erheblich weniger Waffer und kann durch fortgefetzte Erweiterungen die Quelle fo weit bringen, dafs fie nur noch mit dem Regen geht. Derartige Erfahrungen rechtfertigen das bekannte Mifstrauen der Landbevölkerung gegen manche »quellenauffchliefsende Ingenieure«.

Da die Abflufsverhältniffe des Grundwaffers ähnliche find, wie jene des Oberflächenwaffers, fo werden im Allgemeinen die erhältlichen Waffermengen aus Grundwaffer (Quellen) gegen die Thäler hin zunehmen.

Der fcheinbar gröfsere Wafferreichthum an den Gebirgshängen verführt fehr häufig zu falfchen Schlüffen; man mufs um fo vorfichtiger in der Annahme gröfserer Quellenergiebigkeit fein, je höher man im Gebirge auffteigt; denn es vermindert fich nicht blofs das Infiltrations-Gebiet und die Gröfse des Grundwafferbehälters mit zunehmender Höhe fehr wefentlich, fondern es erleichtern fich auch die Abflufsverhältniffe für das Grundwaffer durch das vorhandene ftärkere Gefälle in den die Bodenoberfläche bedeckenden Trümmern der Gebirge. In den Thälern, insbefondere in den Alluvionen der Flufsgebiete, ift ftets Grundwaffer erhältlich, wenn die dafelbft fliefsenden Bäche und Flüffe nie austrocknen und vorausgefetzt, dafs das Waffer derfelben nicht lediglich aus oberhalb gelegenen Gebieten ftammt; verfiegen dagegen in den flachen Thälern die offenen Wafferläufe, fo ift zunächft die Urfache diefes Verfiegens zu erforfchen. Meiftens erfolgt das Verfiegen, weil undurchläffiges Gebirge vorliegt, alfo kein gröfserer Grundwafferbehälter vorhanden ift; in folchen Fällen findet man, wenn überhaupt, nur ganz wenig fog. Sickerwaffer durch Brunnengrabungen. Man mufs fich in diefen Gebieten mit Cifternen behelfen. Das Verfiegen kann aber auch erfolgen, wenn das Gebirge fehr viele nicht capillare Zwifchenräume enthält und die undurchläffige Schicht fehr tief unter der Bodenoberfläche liegt; in diefen Fällen ift ein nur zeitweife verdeckter Grundwafferftrom vorhanden, welcher durch Tiefbrunnen-Anlagen erfchloffen werden kann.

Die Beurtheilung eines Gebietes hinfichtlich feiner Fähigkeit, Waffer zu liefern, ift insbefondere dann, wenn es fich um gröfsere Mengen handelt, keineswegs einfach, und es können Ungeübte hier fehr fchwere Mifsgriffe begehen. Es empfiehlt fich daher in allen nicht ganz klar liegenden Fällen zunächft, neben einer gründlichen geognoftifchen Terrain-Unterfuchung, der Beirath eines tüchtigen Sachverftändigen — wozu felbftverftändlich die auf Wafferfuchen reifenden Männer mit der Wünfchelruthe nicht gehören.

Auch fei noch davor gewarnt, fich ohne gründliche eigene Unterfuchung auf das Urtheil von fog. Terrainkundigen über Quellen und deren Ergebniffe zu verlaffen; wenn man fich nicht fchweren Enttäufchungen ausfetzen will, darf man folchen Angaben höchftens als allgemeine Orientirung Werth beilegen — dagegen niemals als quantitative Orientirung.

391. Auffangen von Regenwaffer.

Das einfachfte Mittel zur Wafferbefchaffung ift das Auffangen von Regenwaffer; es wird in allen Fällen angewendet werden müffen, in welchen weder offene Wafferläufe, noch Grundwaffer (Quellen) zur Verfügung ftehen. Das Regenwaffer leitet man in der Regel von Dächern, Höfen oder fonftigen begrenzten Flächen in offene Gefäfse oder Teiche oder nach gefchloffenen Behältern, den fog. Cifternen; diefe Gefäfse dienen als Abklärungsbecken, aus welchen das Waffer entnommen wird. Vervollkommnet find fodann jene Anordnungen, bei welchen das vom Regen gelieferte und über Dachflächen oder Geländeftreifen etc. gefammelte Waffer zunächft über eine Filterfchicht geführt und, nachdem es in diefe eingedrungen, ihr durch Drainage wieder in geklärtem Zuftande entzogen wird.

Die Regenfäffer, welche auch in manchen fonft gut mit Waffer verfehenen Grundftücken häufig angetroffen werden, find hölzerne Tonnen von der bekannten Conftruction eines gewöhnlichen Weinfaffes; das in denfelben gefammelte Waffer ift meift weniger zum Trinken, als zum Wafchen (wegen feines geringen Härtegrades) beftimmt. Können Regenfäffer oder flache hölzerne Wafferbehälter auf dem Dachboden aufgeftellt werden, fo fällt eine künftliche Hebung für den Gebrauch weg und die Vertheilung innerhalb des Grundftückes kann durch Röhrenleitungen nach Belieben erfolgen. Ueberlauf und Leerlauf werden hier in einfachfter Weife angebracht; auch werden felten Pumpen aufgeftellt, die Hebung erfolgt von Hand.

392. Cifternen.

Ueberwölbte Cifternen werden am beften in den Höfen der Gebäude untergebracht; manchmal findet man fie auch im Kellergefchofs der Gebäude angeordnet, welche Difpofition fich jedoch für die Befchaffenheit des Waffers als unvortheilhaft erweist. Die dumpfe Kellerluft verbeffert die Güte des Waffers nicht, und es ift ftets Gefahr vorhanden, dafs die Grundmauern der Gebäude durch die Cifternen feucht werden. Geftattet es die Lage, fo wird eine Cifterne vortheilhaft auf einer benachbarten Anhöhe untergebracht und von dort her das Waffer unter natürlichem Drucke beigeleitet [269]).

In Fig. 336 ift die gewöhnliche Einrichtung einer gemauerten Cifterne dargeftellt.

Auf der Sohle der Cifterne befindet fich, nach Art eines Filters geordnet, Kies und Sand, fo dafs die grobe Kiesfchicht zu unterft liegt, nach oben gefolgt von nufsgrofsen bis erbfengrofsen Geröllen, welche von Sand bedeckt find. Die Cifterne foll fo tief unter der Erdoberfläche liegen, dafs die Temperatur des darin aufgefpeicherten Waffers weder durch den Froft, noch die Sonnenwärme nachtheilig verändert wird; defshalb ift eine Erdüberfchüttung von mindeftens 60 cm über dem Scheitel des Deckengewölbes erforderlich. Die äufsere Wölbfläche foll eine Mörtel- oder Afphaltdecke erhalten, um das Eindringen von Sickerwaffer zu verhindern.

Nach Erfahrungszahlen kommen von der auf die der Cifternenfpeifung dienftbare Fläche F fallenden Regenmenge ca. 70 Procent in die Cifterne. Ift h die jährliche Regenhöhe, fo ift das zur Speifung verfügbare Waffer

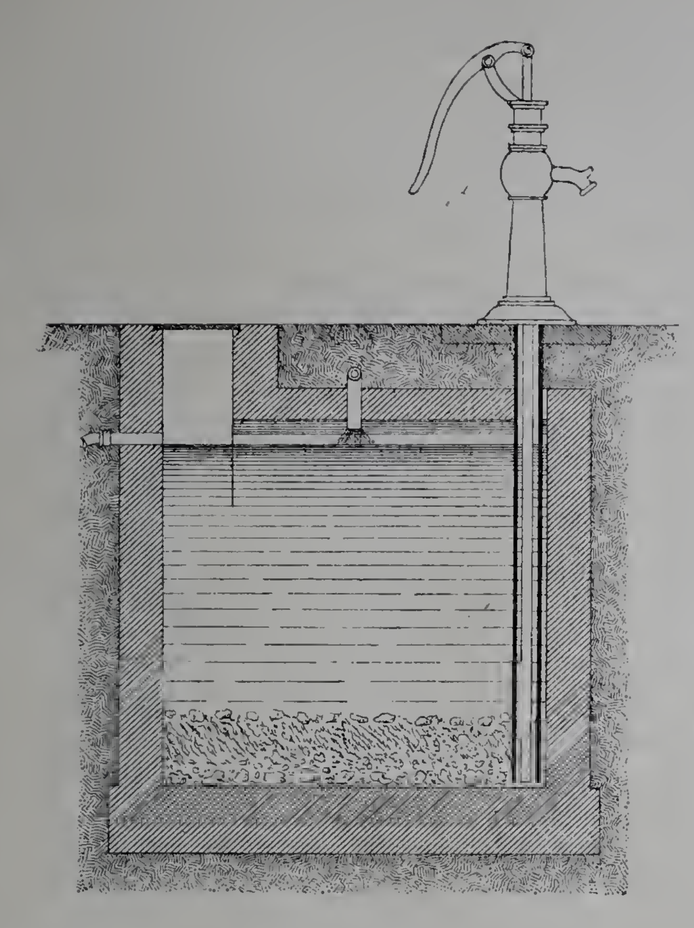
$$Q = 0{,}7\ F h$$

(in Cub.-Met., wenn F in Quadr.-Met. und h in Met. ausgedrückt wird).

---

[269]) Siehe: FINETTI, J. v. Cifternen. Studien über deren rationelle Anlage etc. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1884, S. 59; 1885, S. 62. (Mit ziemlich vollftändigen Literatur-Angaben.)

Fig. 336.



Cifterne. — $1/60$ w. Gr.

Nimmt man gleichmäfsigen Wafferverbrauch während des ganzen Jahres und fetzt den ungünftigen Fall zweimonatlicher Trockenheit voraus, fo mufs der Inhalt der Cifterne mindeftens

$$V = \frac{2\,Q}{12} = 0{,}12\ F\,h$$

fein, wenn während der Trockenperiode kein Waffermangel eintreten foll. Dabei ift vorausgefetzt, dafs die Cifterne bei Beginn der Trockenperiode gefüllt war. Es ift in Rückficht darauf, dafs dies meift fehr unwahrfcheinlich ift, rathfam, $V = 0{,}2\ F\,h$ anzunehmen.

Der Wafferftand innerhalb der Cifterne darf die Kämpferhöhe des Deckengewölbes nicht überfteigen, was durch eine Ueberlaufröhre verhindert wird.

Das Niederfchlagswaffer gelangt von den Dachflächen durch die Abfallröhren nach abwärts und alsdann entweder direct oder mittels einer gufseifernen Röhrenleitung in die Cifterne. Da das Waffer die von den Dachflächen, in den Dachrinnen etc. fortgefchwemmten Staub- und Schmutztheile mit fich führt, fo fchalte man entweder am Fufspunkte der Abfallröhren oder am Eintritt des Waffers in die Cifterne oder an einer geeigneten Stelle der Röhrenleitung einen Schlammfang ein, worin das Waffer zur Ruhe kommen und einen grofsen Theil feiner Verunreinigungen ablagern kann.

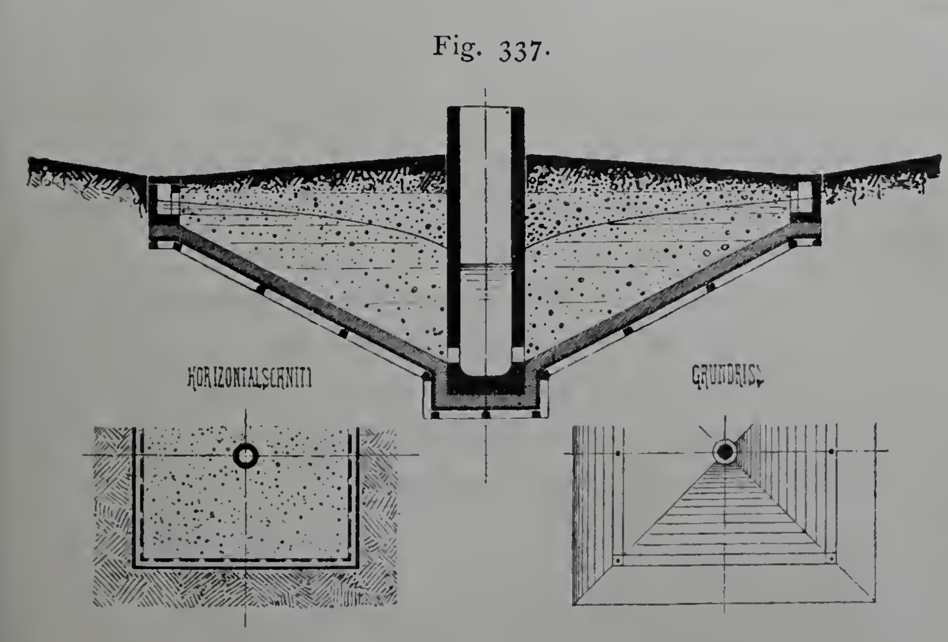
Thunlichfte Wafferdichtheit ift das conftructive Haupterfordernifs; defshalb ift eine wafferdichte Herftellung der Umfaffungsmauern (am beften fcharf gebrannte Backfteine in Cementmörtel) und der Sohle (Betonfchicht mit doppelter, in Cementmörtel gelegter Backfteinflachfchicht) unbedingt nothwendig. Ein hart gefchliffener Cementputz der Innenwandungen und ein Ausfugen der inneren Wölbfläche mit Cementmörtel foll niemals fehlen; die Aufsenwandungen find, um das Einfickern fremden Waffers zu verhüten, forgfältig zu verfugen und mit einem Beftich zu verfehen.

393. Venetianifche Cifternen

In der fog. venetianifchen Cifterne wird das Meteorwaffer im Sande aufbewahrt und ift fodann reiner und frifcher, als jenes aus Cifternen der eben befchriebenen Art; in Fig. 337 ift eine derartige Cifterne dargeftellt.

An geeigneter Stelle wird in Form einer auf ihrer Spitze ftehenden Pyramide eine Baugrube angelegt, welche an ihrer tiefften Stelle ca. 3 m unter Bodenfläche mifft. Die Grundfläche der Pyramide kann eine beliebige Form haben; ein Quadrat wird fich jedoch hierfür am beften eignen. An der Pyramidenfpitze wird ein grofser Steinblock (Betonklotz) eingelaffen, der, in der Mitte keffelförmig ausgehöhlt, dazu dient, das Fundament für einen Brunnen zu bilden, welcher auf demfelben aufgemauert und etwa 70 bis 80 cm über Bodenhöhe aufgeführt wird. An der Stelle, an welcher der Brunnen auf dem Unterlagfteine ruht, wird eine Reihe enger Schlitze von ca. 20 bis 30 cm Höhe im Mauerwerk des Brunnens ausgefpart. Die Seitenflächen der in den Boden

Fig. 337.



Venetianifche Cifterne. — $1/150$, bezw. $1/450$ w. Gr.

eingegrabenen Pyramide werden durch eine Lage von hölzernen Rippen verfpannt; auf diefe Rippen wird eine rauhe Bretterfchalung genagelt, diefelbe feft hinterftampft und hierauf ein gut gekneteter, mit ca. 40 Procent Sand vermifchter Thonfchlag in einer Stärke von 15 bis 30 cm aufgebracht (beffer, aber theuerer ift eine Lage guten Betons). Zwifchen diefem Thonfchlage und dem über dem Unterlagfteine gemauerten Cylinder befindet fich nun ein freier Raum, welcher in der unterften Lage, fo weit die Schlitze im Mauerwerk reichen, mit gröberem Kies und von dort ab aufwärts (nach Art eines Filters im Korn allmählig abnehmend) mit Sand gefüllt wird. Längs der vier Seiten der Grundfläche wird ein Canal geführt, welcher gegen das Innere der Pyramide durch Schlitze Verbindung erhält; der Canal ift gedeckt und hat an den vier Ecken der Pyramide Einfallfchächte (bei grofsen Pyramiden mehr). Von dem Brunnen aus ftellt man gegen die Canäle eine Abdachung her, eben fo vom Aufsenrande der Auffangefläche. Das Sandbett wird fich nun durch die meteorifchen Niederfchläge nach und nach mit Waffer anfüllen; es werden etwa 25 bis 40 Procent (bezogen auf die ganze Sandmenge) Waffer in den nicht capillaren Zwifchenräumen des Sandes Platz haben. Die Canäle find mit wegnehmbaren Steinplatten abzudecken, erhalten an den Einfallfchächten Sturzgitter und folche Gröfsenabmeffungen, dafs fie einen während 24 Stunden fallenden gröfsten Niederfchlag von der ganzen dienftbar gemachten Auffangfläche zu bergen vermögen. Die Canäle müffen von Zeit zu Zeit leicht gereinigt werden können.

Das Waffer der Cifterne kann aus dem Brunnenfchachte entweder durch Abpumpen entnommen oder mit einer dafelbft beginnenden Leitung nach irgend einer tiefer gelegenen Stelle geführt und dort abgezapft werden.

Bei einer geringften jährlichen Regenhöhe von ca. 60 cm liefert im deutfchen und ähnlichem Klima:
eine Sandpyramide von 5 m Seitenlänge der quadratifchen Grundfläche 365 Tage lang täglich 30 l,
» » » 10 m » » » » 365 Tage lang täglich 110 l etc.
Gebraucht man die Anlage nur die Hälfte des Jahres, fo liefert fie das Doppelte etc.

Derartige Anlagen fchützen das eindringende Meteorwaffer vor Verderbnifs und find fehr zweckmäfsig bei hoch gelegenen Wohnplätzen, zu welchen die Wafferzufuhr grofse Koften bereiten würde [270]).

394. Nachahmung natürlicher Quellen.

In gröfserem Mafsftabe kann durch das Aufbringen von Sanden und Geröllen über einer allfeitig gefchloffenen undurchläffigen Schicht der Regen unterirdifch gefammelt werden, indem man künftlich diefelben Verhältniffe herftellt, welche der Entftehung der Quellen zu Grunde liegen. Solche unterirdifche Wafferanfammlungen werden fodann durch eine auf der undurchlaffenden Schicht aufliegende Drainage für den Gebrauch dienftbar gemacht.

395. Sammelteiche.

Aufser den vorgeführten Verfahren der Waffergewinnung ift noch jenes mit Hilfe von Sammelteichen zu gedenken, eines Verforgungsfyftemes, welches fich namentlich in England ausgebildet und defshalb auch die Bezeichnung »englifches Syftem« erhalten hat. Durch Abfchliefsung eines hierzu geeigneten Thales mittels eines quergeftellten Dammes oder einer Mauer wird ein Behälter gebildet, in welchem fich der oberflächlich abfliefsende Theil der auf das betreffende Gebiet niederfallenden meteorifchen Niederfchläge, das Thauwaffer des Schnees, das Waffer aus natürlichen Quellen etc. anfammeln.

Grundbedingungen für derartige Wafferbehälter find undurchläffige Sohle und Seitenwände, d. h. Undurchläffigkeit des Gebirges, in welchem fie angelegt werden. Befteht diefes Gebirge aus feftem Geftein, fo ift ftets eine Mauer als Abfchlufs nothwendig; ift die Unterlage eine thonige, fo ift ein Erddamm angezeigt. Eine gleichzeitige Anwendung von Mauerwerk und Erdfchüttung ift in allen Fällen bedenklich, weil ein inniger Verband fich nicht herftellen läfft, alfo Durchfickerungen unvermeidlich find.

396. Faffung fichtbarer Quellen.

Eine Quelle liefert zu Tage tretendes Grundwaffer; fie mufs, wenn fie keine Tagwaffer-Zuflüffe hat, vor allen Dingen jederzeit ganz klares Waffer führen. Quellen, welche zeitweife trübes Waffer liefern, werden fich nur dann zur Wafferverforgung eignen, wenn fich die Urfache der Trübung entfernen läfft; die letztere zu erforfchen ift daher die erfte Aufgabe des die Faffung der Quelle leitenden Technikers. Ift diefe Urfache erkannt und übt fie ihren Einflufs nicht im ganzen Quellengebiete aus, fo kann das gute Quellwaffer vom Tagwaffer gefondert werden.

---

[270]) Siehe auch: Ueber die Anlage von Cifternen. Baugwks.-Ztg. 1883, S. 816.
Detain, C. *Conftruction des citernes. La femaine des conft.*, Jahrg. 10, S. 424, S. 434.
Citernaux. *La femaine des conft.*, Jahrg. 10, S. 460.

Wefentlich ift hier das Gefüge des Bodens, in welchem die Quelle entfteht, und die Tiefe unter der Bodenoberfläche, in welcher fich die Verfickerungen zu Quellenfäden fammeln. Im Sandboden wird die Verfickerung, wenn fie nur einen ganz kurzen Weg bis zur undurchläffigen Schicht durchläuft, alsbald von allen Unreinigkeiten befreit. Befteht der Boden aus Fels, fo hat er Spalten und Klüfte; das in diefe Zwifchenräume rafch hinabfinkende Meteorwaffer wird defshalb nur dann klar über der undurchläffigen Schicht zu Tage treten, wenn es über derfelben einen fehr langfamen Lauf hat und lange verweilt. Der auf der Bodenoberfläche vorhandene Pflanzenwuchs übt ferner einen fehr wefentlichen Einflufs aus. Bemooste Waldflächen, Wiefen mit guter Grasnarbe etc. laffen das Meteorwaffer nahezu ganz hell in den Boden abfinken; auf Böden ohne jeglichen Pflanzenwuchs werden die Regenfälle Erde auflöfen, trübe in die Unterlage finken und, befonders bei lange anhaltenden Einfickerungen, auch trübe Quellwaffer erzeugen, fo fern fie während des Durchlaufens durch den Untergrund nicht ausreichend Gelegenheit hatten, alle fuspendirten Beftandtheile abzulagern.

Eine gute Quelle darf in der Temperatur des gelieferten Waffers keine grofsen Schwankungen zeigen und mufs nachhaltig fein, d. h. fie darf nach langer Trockenheit nicht verfiegen. Vollkommen gleichmäfsige Quellen giebt es nicht; nicht einmal die aus fehr grofsen Tiefen kommenden Thermalquellen zeigen ein gleichmäfsiges Ergebnifs. Man darf defshalb bei Beurtheilung einer Quelle die auf Anfrage bei den Ortskundigen meift mit gutem Gewiffen gegebene Antwort: »Die Quelle läuft das ganze Jahr über gleichmäfsig« nie fo benutzen, dafs man eine gleich bleibende Ergiebigkeit vorausfetzt. Diefe fchwankt vielmehr, je nach Höhenlage und dienftbarem Grundwafferbehälter der Quelle, meift fehr bedeutend; auch bei guten Gebirgsquellen finkt die Ergiebigkeit in ganz trockenen Zeiten und in einem, dem füddeutfchen entfprechenden Klima auf die Hälfte bis ein Drittel der Mittelwaffermenge [271]).

Die Grundwaffer-Ausläufe zeigen um fo gröfsere Schwankungen, je leichter das Waffer aus dem die undurchläffige Schicht überlagernden poröfen Gebirge abfliefsen kann und umgekehrt. Wenn nämlich die aus anhaltender Bodenbenetzung eindringenden Waffer rafch zu dem mit den Ausläufen in Verbindung ftehenden Spaltenfyfteme gelangen, fo werden fie auch in kurzer Zeit nach Aufhören der Oberflächenbenetzung ablaufen, und es wird bei eintretender Trockenheit der im Boden angefammelte Vorrath nur ein geringer fein, weil fich das Waffer im Spaltenfyftem nicht angeftaut hat und in Folge deffen nur geringe Maffen des Gebirges mit Waffer gefättigt werden konnten. Diefes rafche Vorwärtsfliefsen ift aber nur bei einem verhältnifsmäfsig weiten Spaltenfyfteme möglich. Sind dagegen die Wege, welche zu den Quellen führen und die Grundwaffer-Ausläufe ermöglichen, eng, fo wird jener Theil der im Boden verbleibenden Einfickerung, welcher bei reichlichem Zufluffe von oben nicht abzulaufen vermochte, die poröfen Gebirgsmaffen (fowohl in den capillaren, wie in den nicht capillaren Zwifchenräumen) mit Waffer fättigen und fo die Vorräthe anfammeln, deren allmähliger Abflufs in trockenen Zeiten das Fortbeftehen der Quellen fichert.

Unter fonft gleichen Umftänden nimmt die Nachhaltigkeit der Grundwaffer-Ausläufe zu, je tiefer die Grundwafferwelle unter der Bodenoberfläche liegt und je fchwieriger die Verfickerung den Weg von der Terrain-Oberfläche bis zur Grundwafferwelle zurückzulegen vermag. Berückfichtigt man nämlich, dafs unter Nachhaltigkeit das Verhalten der Grundwaffer-Ausläufe nach eingetretener Trockenheit verftanden werden mufs, fo wird es begreiflich, dafs die von der letzten Oberflächenbenetzung herrührenden Einfickerungen um fo langfamer an der Quelle wieder erfcheinen werden, je mehr Zeit fie zum Abfinken auf die Grundwafferwelle gebraucht haben; eine auch länger dauernde Trockenheit wird in folchem Falle das Ergebnifs der Quelle nicht mehr fo rafch zu verringern vermögen, weil noch lange Zeit nach dem letzten Regenfalle Verfickerungen unterwegs find, um den Grundwafferftrom zu fpeifen.

Selbftverftändlich üben im Uebrigen die Schwankungen des Oberflächenftandes der Grundwafferwelle im Inneren des Gebirges auch einen Einflufs auf das Ergebnifs der Quelle aus. Diefer Einflufs ift gering, wenn fich die Schwankungen innerhalb enger Grenzen bewegen, und es kann in diefem Falle der Grundwaffer-Ausflufs als nahezu gleich bleibend angefehen werden; der Einflufs wird auch dann nicht fehr belangreich, wenn die Grundwafferwelle erhebliche Unterfchiede zwifchen dem höchften und tiefften Stande zeigt. Während in umgekehrter Weife fich der Einflufs der Länge des Ablauf-Canales geltend macht, wächst die Gröfse der Ausflufsmenge, bezw. die rafche Entleerung des Grundwafferbehälters aufserordentlich mit der Erweiterung des Ablauf-Canales.

---

271) Siehe: DAUBRÉE, A. *Les eaux fouterraines à l'époque actuelle.* Bd. 1. Paris 1887.

Nur in ganz ſeltenen Fällen gelingt es, bei einer Quelle durch die vorzunehmenden Faſſungsarbeiten die Waſſermenge dauernd zu erhöhen; immerhin iſt dies jedoch möglich. Wenn z. B. eine Quelle in einer Schutthalde zu Tage tritt, durch welche ihr eigentlicher Urſprung an der Steinſcheide verdeckt iſt, ſo geht in der Regel nicht alles Waſſer mit dem Quellenlaufe; ſondern es verſinkt auch ein Theil in die Halde, welcher durch Vortreiben der Aufſchluſsarbeiten bis zur Steinſcheide dienſtbar gemacht werden kann. Speist ein mächtiger Quellwaſſerſtrom mehrere Quellen, wie dies nicht gerade ſelten iſt, ſo kann das Vortreiben und Tieferlegen eines einzelnen Auslaufes deſſen Ergebniſs auf Koſten der anderen dauernd vermehren etc.

Hat dagegen eine Quelle ein für ſich abgegrenztes Infiltrationsgebiet und Grundwaſſerbehälter, ſo muſs eine Störung des Gleichgewichtes durch Erweiterung der Auslauföffnung thunlichſt vermieden werden [272]). Sie wird nicht gerade ſchädlich wirken, wenn die Auslauf-Canäle vom Urſprunge auf eine groſse Strecke rückwärts enge ſind und bleiben. Geradezu vernichtend dagegen können die ſog. Aufſchluſsarbeiten auf das Ergebniſs der Quelle wirken, wenn ihr ſtetiger Auslauf einer aufſtauenden Gebirgsvorlage zu verdanken war, die durch dieſe Arbeiten weggeräumt wird.

Man hat in dieſem Falle künſtlich einen weiten Auslauf geſchaffen; die von der Bodenoberfläche eindringenden Verſickerungen erreichen den neuen Auslauf mit verhältniſsmäſsig groſser Geſchwindigkeit; eine Füllung des Grundwaſſerbehälters tritt nicht mehr oder nur noch in geringem Maſse ein; die Quelle liegt bei länger dauerndem Regenmangel trocken und trübt ſich nach anhaltend groſsen Niederſchlägen; auch wird ſie ſich in der rauhen Jahreszeit kalt, in der warmen warm zeigen etc.

In ſolchen Fällen liefert meiſtens einige Zeit nach Fertigſtellung der Arbeiten (bis der Grundwaſſerbehälter ausgelaufen iſt) die Quelle erheblich mehr, wie früher; erſt ſpäter zeigen ſich die oben angeführten Miſsſtände und verderben dann ſehr die Freude an der erhofften Waſſervermehrung. Da es auch ſehr ſchwer fällt, den früheren Zuſtand durch Abtragen der Bauten etc. wieder herzuſtellen, ſo iſt dringend anzurathen, die Herkunft jeder Quelle und ihre geognoſtiſche Umrahmung, ſo wie ihren Zuſammenhang mit benachbarten Quellen zu ſtudiren, ehe man »Aufſchluſsarbeiten« vornimmt.

397.
Brunnenſtuben.

Will man eine Quelle für die Verſorgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe benutzen, ſo hat man zwei Hauptbedingungen zu erfüllen:

1) Man muſs die Quelle vor Trübungen und vor äuſserlichen Verunreinigungen ſchützen, eben ſo vor Froſt und Hitze;

2) man muſs den Urſprung zugänglich machen.

Beiden Bedingungen entſpricht man mit den ſog. Brunnenſtuben, bei groſsartigen Anlagen auch Waſſerſchlöſſer [273]) genannt.

Befindet ſich die Quelle an einem Abhange, ſo iſt es meiſt möglich, eine Zugänglichkeit in der in Fig. 338 u. 339 dargeſtellten Weiſe zu ermöglichen. Erfüllt man dabei die Bedingungen, über dem Scheitel des Brunnenſtubengewölbes noch ca. 1,2 m Deckung zu geben und eine bequeme Einſteigöffnung zu ſchaffen, ſo iſt damit den Bedingungen 1 und 2 Genüge geleiſtet.

In Fig. 338 iſt eine einfache Brunnenſtube dargeſtellt.

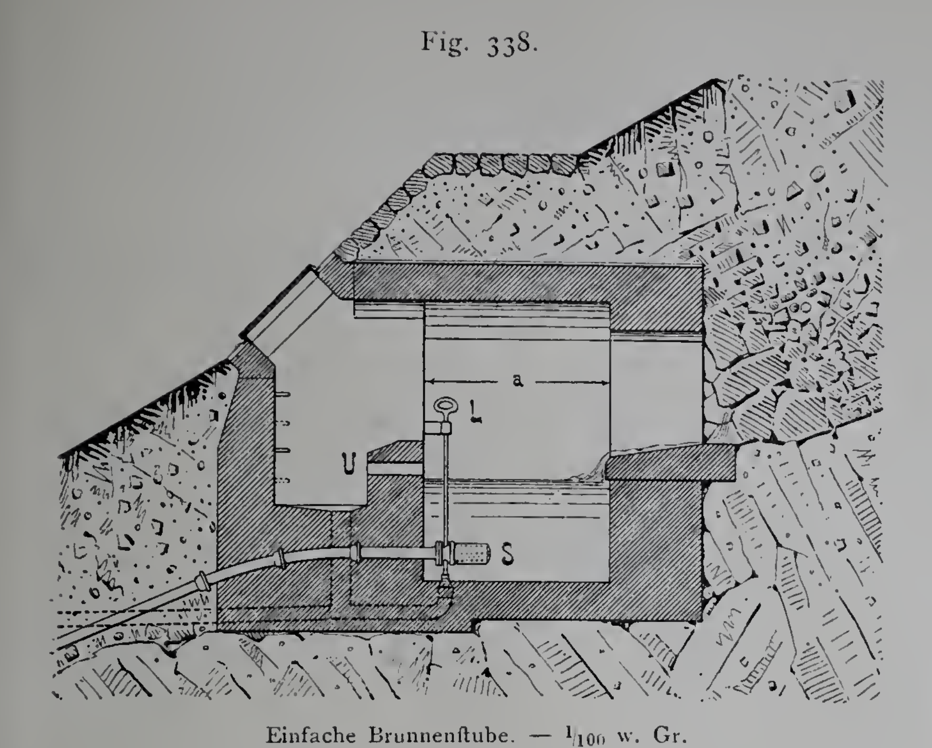
Zugänglich iſt dieſelbe durch eine ſchräg liegende, zweiflügelige Thür. Man gelangt durch die letztere in einen Einſteigeſchacht und kann von hier aus den Waſſerbehälter und die Quelle erreichen. Der beſondere Einſteigeſchacht iſt entwäſſert und nöthig, um alle von auſsen beigetragenen Unreinigkeiten, Tagwaſſer etc. abzuhalten; in denſelben mündet auch der Ueberlauf *U* von der Quelle. Ein von dem Einſteigeſchacht, bezw. von der zwiſchen dieſem und der Brunnenkammer liegenden Brücke aus ziehbarer Leerlauf *L* geſtattet eine Entwäſſerung und Reinigung; die Zuleitung beginnt in der Brunnenkammer mit dem Seiher *S*. Ueberläufe und Leerläufe ſind in Röhren zuſammengeführt. Zwiſchen Einſteigeſchacht und

---

[272]) Siehe: Wiens Waſſerverſorgung. Wochſchr. d. niederöſt. Gwbe.-Vereins 1885, S. 172.

[273]) Siehe: STADLER, R. Die Waſſerverſorgung der Stadt Wien. Wien 1873. S. 242, 244.

Fig. 338.



Einfache Brunnenſtube. — $^1/_{100}$ w. Gr.

Brunnenkammer kann nach Bedarf eine zweite Thür eingeſchaltet werden. Die Lüftung erfolgt durch die ſchrägen Fallthüren in genügend wirkſamer Weiſe.

Führt das Waſſer der Quelle Sand (was insbeſondere bei Quellen aus Buntſandſtein oder aus Alluvionen häufig der Fall), ſo iſt ein genügend groſser Behälter zur Ablagerung dieſes Sandes erforderlich. Man entſpricht dieſer Bedingung durch Vergröſserung der Abmeſſung *a* in Fig. 338.

Geſtatten es die Verhältniſſe nicht, dieſe Brunnenſtuben einzuſchneiden, ſo kann durch etwas gröſsere Anſchüttung die zum Schutze gegen Froſt und Hitze erforderliche Deckung erreicht werden (Fig. 339).

Sehr zu beachten iſt in allen Fällen, daſs die zur Abdeckung verwendete Erde ſo dicht ſein muſs, um alles unmittelbare Eindringen von Tagwaſſer zur Quelle zu hindern. Der hierzu am meiſten geeignete Boden iſt bindiger (thoniger) Grubenkies und Grubenſand; gänzlich ungeeignet iſt Schotter.

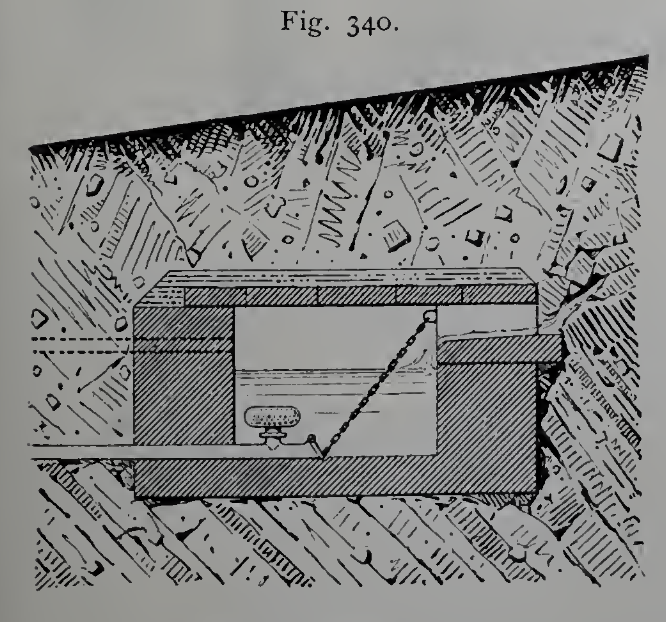
Fig. 339.

Einfache Brunnenſtube. — $^1/_{250}$ w. Gr.

Iſt eine Quelle derart rein, daſs weder ein Einſchwemmen von Sand noch ein Ablagern von Schlamm zu befürchten iſt und will man mit dem geringſten Aufwande von Koſten die Quellenfaſſung vollziehen, ſo geſchieht dies, wie in Fig. 340 dargeſtellt.

Zuleitung und Leerlauf ſind hier in der Annahme vereinigt, daſs bei der äuſserſt ſelten vorkommenden Reinigung der Brunnenſtube dieſe Zuſammenlegung keinerlei Bedenken hat. Soll ausnahmsweiſe eine Reinigung der Brunnenſtube erfolgen, ſo muſs aufgegraben werden. Die etwa $0{,}7^{m}$ breite und $1{,}8$ bis $2{,}0^{m}$ lange Brunnenſtube iſt mit Steinplatten oder Betonplatten gedeckt und dieſe Deckung mit einer Lettenſchicht überzogen. Die Lüftung erfolgt in genügender Weiſe durch die Ueberlaufröhre; die Koſten einer ſolchen Anlage ſind verhältnisſmäſsig klein.

Fig. 340.



Einfachſte Brunnenſtube. — $^1/_{100}$ w. Gr.

Bei dieſen Bauwerken iſt angenommen, daſs die Quelle, ſo wie ſie iſt, gefaſſt wird, alſo ohne Aufſchluſsarbeiten. Man hat in dieſem Falle den Quellenort ſauber von allem Pflanzenwuchs etc. zu räumen und muſs, ſo weit der Schlitz für den Quelleneinlauf reicht, groben Kies und Schotter auflegen; von dieſem wird dann allmählig (wie bei einem Filter) der Uebergang zur bündigen Abdeckung hergeſtellt.

Von der Herſtellung von Aufſchluſsarbeiten ſoll in Art. 399 u. ff. abgehandelt werden.

Intermittirende Quellen, d. h. folche, welche zeitweife verfiegen, find nur dann für eine Wafferverforgung brauchbar, wenn ein genügend grofser Ausgleichungsbehälter hergeftellt wird, welcher in der Zeit des Ausbleibens vom Zufluffe die Bedürfniffe befriedigt. Solche Behälter find entweder als Sandanhäufungen (wie bei den venetianifchen Brunnen), oder, wenn das Waffer rein ift, wie gewöhnliche Wafferbehälter (fiehe Art. 413) zu behandeln.

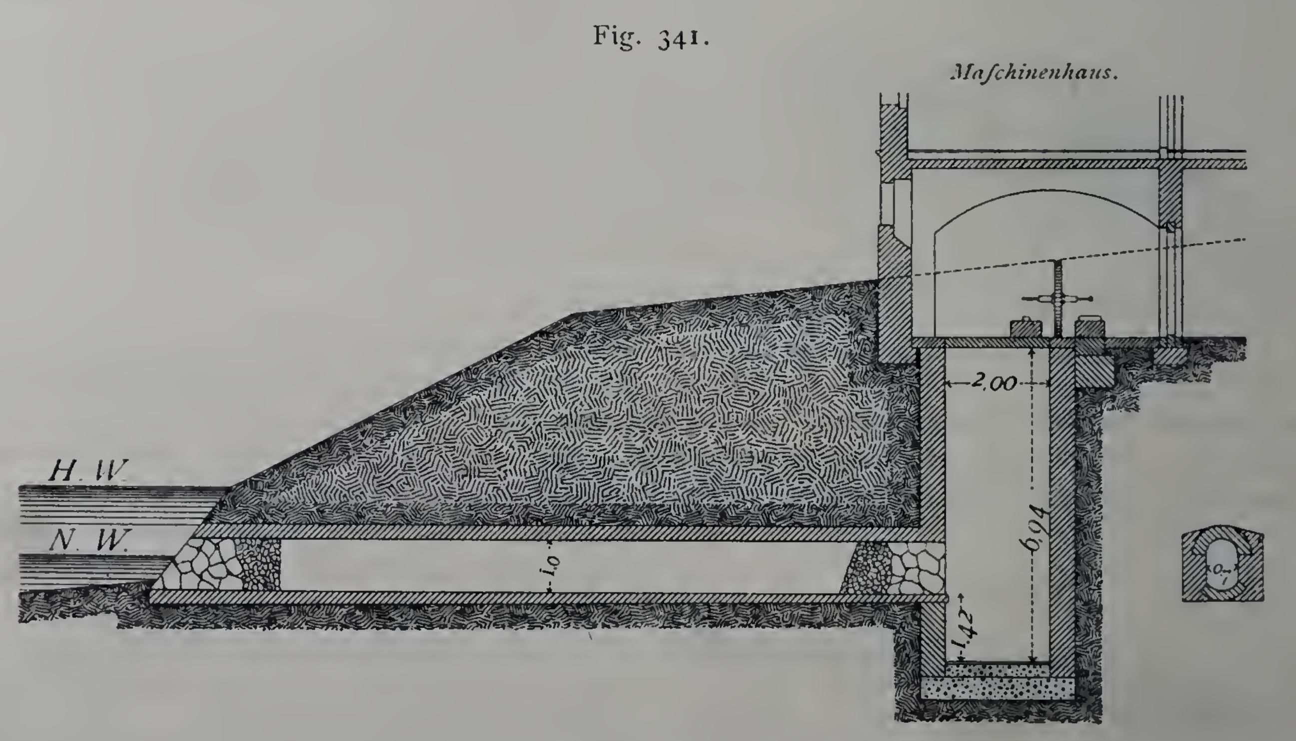
Jede Quelle follte vor ihrer Benutzung mindeftens ein Jahr lang genauen Mefsungen unterzogen werden, wenn nicht von vornherein feft fteht, dafs ihr Ergebnifs in allen Fällen ein ausreichendes ift.

398.
Entnahme aus offenen Gewäffern.

Für einzelne Gebäude und für Gebäudegruppen wird das Waffer bisweilen auch aus dem nächft gelegenen Fluffe oder einem anderen offenen Wafferlaufe bezogen. Man kann in einem folchen Falle die Saugröhre der Wafferhebemafchine unmittelbar in den Flufs fetzen; alsdann wird fie an der Mündung mit einem fiebartigen, am beften aus Kupfer angefertigten Saugkorb verfehen. Beffer ift es, die Saugröhrenmündung durch einen gemauerten, oben offenen Kaften vor Befchädigungen zu fchützen. Indefs ift es in den meiften Fällen vorzuziehen, im Gebäude felbft oder auf dem dazu gehörigen Grundftück einen brunnenartigen Schacht herzuftellen und diefen durch eine Röhrenleitung, einen gemauerten Canal oder einen Stollen mit dem Flufs in Verbindung zu fetzen; das Waffer ift alsdann aus diefem Schacht zu pumpen (Fig. 341).

Die Röhrenleitung, bezw. der Canal oder der Stollen mufs fo tief angelegt werden, dafs auch bei niedrigftem Wafferftande der Brunnenfchacht noch mit Waffer verfehen wird. Man giebt diefer Zuleitung

Fig. 341.



Wafferverforgung der Männer-Straf-Anftalt zu Pilfen aus dem Radbuza-Flufs. — $^1/_{200}$ w. Gr.

ein Gefälle von etwa $^1/_{100}$ nach dem Schacht hin und legt die Sohle des letzteren um 1,5 bis 3,0 m tiefer, als die Einmündung der erfteren; der untere Theil des Schachtes dient dann als Schlammfang und mufs von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Mantel und Sohle des Brunnenfchachtes müffen wafferundurchläffig fein; die Sohle wird defshalb am beften durch eine Schicht Beton gebildet.

Obwohl man immer bemüht fein wird, das Waffer an einer Stelle zu entnehmen, wo es möglichft rein ift, fo wird man doch ftets Vorkehrungen zu treffen haben, um das Eintreten von feften Stoffen in die Zuleitung zu verhüten; man hat defshalb die Ausmündung derfelben in den Flufs zum mindeften mit einem engmafchigen Gitter oder einem Sieb zu verwahren. Führt das Flufswaffer viele feine Sinkftoffe mit fich, fo empfiehlt es fich, im Canal oder Stollen lothrechte Filterfchichten, aus groberem Stein- und feinerem Kiesmaterial beftehend, anzuordnen (Fig. 341). In manchen Fällen genügt eine derartige Reinigung nicht; man mufs befondere Filterbecken anlegen und in diefen das Waffer von den feinen,

mechanifch beigemengten Stoffen befreien; erforderlichenfalls kann auch eine chemifche Reinigung deffelben ftattfinden.

Bei Wafferentnahme aus gröfseren Flüffen, welche während ihres Laufes fchon viele menfchliche Wohnftätten berührt und dabei allerlei Verunreinigungen erfahren haben, ift zur Erreichung eines reinen Waffers künftliche Filtration unerläfslich. Dabei kann es fich felbftverftändlich nur um die Entfernung der mechanifchen Beimengungen handeln; insbefondere fei hier erwähnt, dafs nach eingehenden Verfuchen (in Genf u. a. a. O.) die Sandfiltration keineswegs die kleinen krankheitserregenden Mikroben zurückzuhalten im Stande ift.

Die Entfernung der mechanifchen Beimengungen kann auf zwei Arten gefchehen:

a) entweder durch längeres ruhiges Stehenlaffen des Waffers in befonderen Becken (Baffins), Ablagerungs- oder Klärbecken genannt, wodurch die gröberen Verunreinigungen auf dem Boden des Beckens fich ablagern, oder

b) mittels Filtration des Waffers durch Sandfchichten, welch letztere die Beimengungen auf ihrer Oberfläche zurückhalten und auf diefe Weife eine vollftändige Klärung des Waffers herbeiführen.

Je nach der Befchaffenheit des Waffers und deffen Verwendungszwecken wird man das eine oder das andere Reinigungsverfahren oder auch beide vereinigt zur Anwendung bringen [274]. Die Dauer der Klärung richtet fich wiederum nach der Menge und Befchaffenheit der Verunreinigungen, hauptfächlich nach deren Vermögen, fich fchneller oder langfamer als Bodenfatz abzufcheiden.

Die Ablagerungsbecken können gleichzeitig den Zweck von Vorrathsbehältern erfüllen und erhalten dann eine diefem Zwecke entfprechende Gröfse. Ihre Herftellung kann in einfacher Teichform mit Erdböfchungen gefchehen; fie können jedoch auch mit gemauerten Seitenwänden oder gepflafterter Sohle und eben folchen Seitenböfchungen ausgeführt werden, was von den Terrainverhältniffen und der Bodenbefchaffenheit abhängt.

Die Filter beftehen in der Hauptfache aus gemauertem oder mit abgepflaftertem Boden und eben folchen Böfchungen verfehenen Becken, welche mit Filtrirmaterial bis etwa zur halben Höhe angefüllt find. Das Filterbett befteht in feiner oberften Lage aus einer 0,6 bis 1,0 m ftarken Sandfchicht (von 1/3 bis höchftens 1 mm Korn), welche die eigentliche Abklärung bewirkt und in deren oberftem Theile nahezu alle mechanifchen Beimengungen des Waffers beim Durchflufs zurückbleiben. Die unter dem Sande in zunehmender Korngröfse lagernden Kiesfchichten haben hauptfächlich den Zweck, der Sandfchicht eine gute Unterlage zu fchaffen und dem filtrirten Waffer den Eintritt in die darunter befindlichen Sammel-Canäle zu erleichtern. Die Reinigung eines Filters gefchieht durch Entfernung der oberften verunreinigten Sandfchicht in der Stärke von 20 bis 40 mm, welche dann entweder gewafchen und wieder aufgebracht oder durch neues Material erfetzt wird; die tiefer gehenden Verunreinigungen machen erft nach einer Reihe von Jahren eine Erneuerung, bezw. Reinigung des ganzen Filters nöthig.

Die Waffermenge, welche man in einem Tage wirkfam zu filtriren im Stande ift, wird von der Menge und Befchaffenheit der im Waffer enthaltenen Verunreinigungen, von der Länge der Betriebsdauer des Filters und von der Feinheit (dem Korn) des Filterfandes abhängen. Für mittlere Verhältniffe rechnet man 1,5 bis 3,0 cbm filtrirtes Waffer für 1 qm Filterfläche und für 24 Stunden; dabei ift zu beachten, dafs eine langfamere Filtration die wirkfamere ift. Die durch fortgefetzten Betrieb auf der Sandfläche abgelagerten Rückftände erfchweren mit der Zeit das Durchfickern derart, dafs felbft beim höchften zuläffigen Ueberdrucke von 1 m (Höhenunterfchied der Wafferfpiegel vor und nach der Filtration) die erforderliche Waffermenge nicht mehr zum Durchflufs gelangt. Es mufs dann das Filter entweder entleert und gereinigt oder, indem man Waffer durch das Filter in entgegengefetzter Richtung auffteigen läfft, die Schmutzdecke gehoben und wieder durchläffiger gemacht werden. Letzteres Verfahren empfiehlt fich dann, wenn in Folge der Feinheit des Filterfandes die Verfchlämmung des Filters fchon nach kurzer Betriebszeit eintritt. Sämmtliche Klär- und Filter-Anlagen find aufser dem Zu- und Ablauf mit Ueberlauf- und Entleerungsleitungen zu verfehen.

---

274) Siehe: KIRKWOOD, J. P. Filtration des Flufswaffers. Hamburg 1876.
GRAHN, E. & F. A. MEYER. Reifebericht über künftliche und centrale Sandfiltration. Hamburg 1877.

Die Filtration mittels Sand in dazu beftimmten Behältern kommt nicht nur für ftädtifche Wafferverforgungen im Grofsen zur Anwendung, fondern wird auch in kleinerem Mafsftabe für einzelne Gebäude und Gebäudegruppen durchgeführt, welche, wie z. B. häufig Bade-Anftalten etc., ihr Waffer unmittelbar aus dem nächft gelegenen Fluffe beziehen.

Bei günftiger Befchaffenheit der Ufer an offenen Gewäffern, insbefondere, wenn der Untergrund aus Kies und Sand befteht, gelingt es fehr häufig, durch Anlage von Filter-Galerien dem Ufer entlang das Waffer durch natürliche Filtration zu reinigen. Man wählt in folchem Falle die zur Flufsaxe convexen Ufer, weil an diefen bei hohen Wafferftänden etwa von früher aufgelagerter Schlamm abgefpült, vom Fluffe weggeführt und durch reineres Material erfetzt wird.

Eine chemifche Reinigung des Waffers zu Wafferleitungszwecken an feiner Bezugsquelle wird nur in ganz befonderen Fällen vorgenommen werden, z. B. bei Färbung des Waffers durch organifche Stoffe, wie dies bei Waffern aus Torfgegenden häufig der Fall. Hier genügt — nachdem das Waffer genügend filtrirt ift — ein geringer Alaunzufatz, um die Farbftoffe auszufcheiden. Andere Mittel für chemifche Reinigung, als da find: plaftifche Kohle, Eifenfchwamm etc., kommen meift nur bei der Hausfiltration zur Anwendung und werden in Art. 428 abgehandelt.

Waffer aus Seen und gröfseren Teichen kann, wenn in genügender Tiefe unter dem Wafferfpiegel (10 bis 20 m) entnommen, ohne künftliche Filtration unmittelbar verwendet werden; es ift in der Regel fehr gut, auch hell und zeigt in der angegebenen Tiefenlage keine erheblichen Temperaturfchwankungen.

Die Städte Zürich und Genf beziehen fchon lange (die letztere Stadt feit mehreren Jahrhunderten) Trink- und Brauchwaffer aus den nahe gelegenen Seen. Genaue chemifche und mikrofkopifche Unterfuchungen von Seewaffer, welche in beiden Städten vorgenommen wurden, haben erwiefen, dafs daffelbe vor allen anderen in der Nähe und in genügenden Mengen erhältlichen den Vorzug verdient [275]).

399. Faffung verdeckter Wafferläufe.

Handelt es fich darum, einen nicht zu Tage tretenden, aber durch verfchiedene Kennzeichen ermittelten Grundwafferftrom für die Wafferverforgung von Gebäuden oder Gebäudegruppen dienftbar zu machen [276]), fo bedient man fich zu diefem Zwecke entweder der lothrechten Brunnen oder der wagrechten Sammel-Anlagen, unter Umftänden auch einer gemeinfamen Verwendung beider. Bei Entnahme aus Grundwafferftrömungen, wie fie in den Alluvionen der deutfchen Flufsgebiete fehr häufig angetroffen werden [277]), ift die Anwendung lothrechter Brunnen faft ausnahmslos üblich. Handelt es fich dagegen um Faffung ausgedehnter Wafferftrömungen über undurchläffigen Schichten im feften Gebirge, fo ift die Abfaffung der verfügbaren Grundwaffer meift vollkommener und leichter mit wagrechten, bezw. der Lage der undurchläffigen Schicht folgenden Sammel-Anlagen durchführbar.

400. Brunnen.

Unter den lothrechten Brunnen find die bekannteften jene kreisrunden gemauerten Schächte, welche ca. 1,5 bis 2,0 m in den Wafferftand des Untergrundes abgefenkt werden. Die innere Weite diefer Brunnen beträgt meiftens 1 m und darüber; keinesfalls follte fie weniger als 0,8 m betragen. Sie werden entweder auf einem hölzernen, am unteren Ende mit fchmiedeeifernem Schuh verfehenen Kranze oder Rofte (Schling) oder, bei gröfseren Lichtweiten, auf fchmiedeifernem, mit Beton ausgegoffenem Rofte (Fig. 342) wafferdicht oder mit offenen Fugen aufgemauert, je nachdem man das Untergrundwaffer nur aus der Sohle oder aus Sohle und Seitenwänden in den Schacht eintreten laffen will.

---

275) Siehe: Hahn, Ch. *Études fur les principales eaux potables du canton de Genève.* Genf 1883.
Die Wafferverforgung von Zürich und ihr Zufammenhang mit der Typhus-Epidemie des Jahres 1884. Zürich 1885.

276) Siehe: Dupuit, J. *Traité de la conduite et de la diftribution des eaux.* 2. Aufl. Paris 1865. S. 27.

277) Siehe: Lueger, O. Theorie der Bewegung des Grundwaffers in den Alluvionen der Flufsgebiete. Stuttgart 1883.

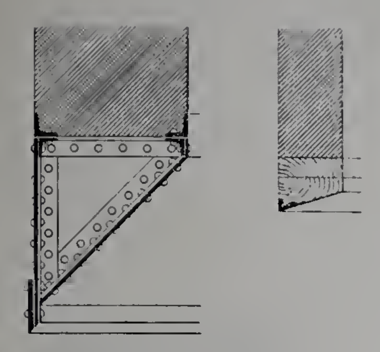


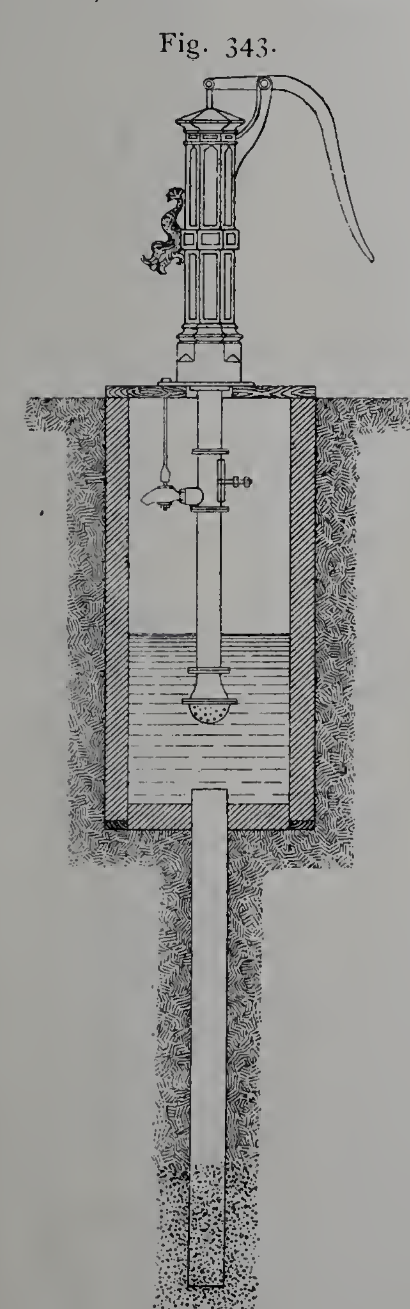
Fig. 342.

Brunnenkränze. — 1/40 w. Gr.

Die Lichtweite des Brunnens übt einen geringeren Einflufs auf die Waffterergiebigkeit aus, als man in der Regel annimmt[278]). Wenn z. B. in bekanntem Grundwafferträger ein Brunnen von 3 m Weite 40 Secundenliter Waffer bei 2 m Abfenkung des Wafferfpiegels ergiebt, fo liefert im gleichen Träger bei gleicher Abfenkung und unter fonft gleichen Umftänden ein 1 m weiter Brunnen nach theoretifchen Ermittelungen 33 Secundenliter, alfo nur ca. 18 Procent weniger etc. Innerhalb enger Grenzen wird man defshalb mit Vergröfserung der Lichtweite meift wenig erreichen; dagegen vermehren fich die Koften der Ausführung mit Zunahme der Lichtweite fehr bedeutend, und dies ift der Grund, wefshalb in neuerer Zeit, insbefondere wenn es fich um Wafferentnahme aus grofsen Tiefen handelt, gröfsere gemauerte Brunnen wenig mehr zur Anwendung gelangen. Sie werden durch eine Reihe im Kreife geftellter kleiner Brunnen erfetzt. Bei geringen Abfenkungstiefen find fie dagegen heute noch das einfachfte und auch dauerhaftefte Mittel zur Waffergewinnung.

Die Verfenkung diefer Brunnen erfolgt entweder durch Ausgraben unter dem Rofte, wobei das Brunnenmauerwerk befchwert und dadurch ein Abrutfchen des Brunnens bewirkt wird (während des Ausgrabens mufs in diefem Falle das Waffer fortgepumpt werden); oder man bewirkt eine Unterhöhlung unter dem Rofte mit der Baggerfchaufel, der Sandpumpe, dem Sackbohrer etc.[279]).

Fig. 343.



Röhrenbrunnen mit Saugfchacht. 1/60 w. Gr.

In den Brunnen mündet die Saugröhre der Pumpen-Anlage.

401. Röhrenbrunnen.

In neuerer Zeit wird häufig von einer Mauerung des Brunnens ganz abgefehen oder doch der gemauerte Theil deffelben auf einen kleinen, unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegenen, wenig tiefen Keffel befchränkt, der eigentliche Brunnenfchacht jedoch durch eiferne Röhren verwahrt (Fig. 343). Derartige Röhrenbrunnen finden eine immer gröfsere Verbreitung, und diefelben dürften für gröfsere Tiefen in nicht zu fteinigem Boden, ferner in Fällen, in welchen man das Waffer der oberen ftark verunreinigten Bodenfchichten abhalten will, in der nächften Zeit eine nicht unwichtige Rolle fpielen. An richtiger Stelle angewendet, bilden Röhrenbrunnen den gemauerten Brunnen gegenüber eine einfachere, rationellere und meift auch billigere Waffergewinnungs-Anlage, fo dafs deren Verwendung empfohlen werden kann.

Zu den einfachften und fchon feit längerer Zeit in Anwendung befindlichen Röhrenbrunnen gehören die abeffinifchen. Je nach der Art des Eintreibens der Röhre folcher Brunnen unterfcheidet man Schraubbrunnen und Rammbrunnen.

Bei den Schraubbrunnen wird eine fchmiedeeiferne Röhre von 30 bis 80 mm Weite, welche an ihrer Spitze mit Schraubengängen und einer Anzahl Löcher zum Eintritt des Waffers verfehen ift, bis in die wafferführende Schicht eingefchraubt. Geftattet die Bodenbefchaffenheit das Eindrehen einer folchen Röhre nicht, fo wird diefelbe in den

278) Siehe: FORCHHEIMER, PH. Ueber die Ergiebigkeit von Brunnen-Anlagen und Sickerfchlitzen. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1886, S. 539.

279) Siehe hierüber das in Theil III, Bd. 1 (Abth. II: Fundamente) diefes »Handbuches« Gefagte.

Boden eingerammt; das unterfte Röhrenftück ift alsdann mit einer kulpigen Stahlfpitze und oberhalb derfelben mit Löchern verfehen; wenn man auch mit derartigen Röhren Felfen oder gewachfene fefte Steinfchichten nicht durchdringen kann, fo gelingt dies doch in fehr feften Bodenarten. Befeftigt man auf diefer Röhre eine kleine Handpumpe, fo find alle Bedingungen der Wafferentnahme erfüllt (Fig. 344). Durch einen angefchraubten Schlauch, bezw. eine Röhrenleitung, kann die Weiterförderung oder die Hebung des Waffers bewerkftelligt werden. Ift die Ergiebigkeit der Brunnenröhre eine grofse, fo kann diefelbe ohne Weiteres als Saugröhre einer gröfseren, durch mechanifche Kräfte bewegten Pumpenvorrichtung dienen.

Fig. 344.



Abeffinier-Brunnen.
1/60 w. Gr.

Solche abeffinifche Brunnen können ganz befonders leicht in kiefigen und lehmigen Untergrund gefchlagen, bezw. eingedreht werden, vorausgefetzt dafs im letzteren keine fehr grofse Steine (Wacken, Findlinge) vorhanden find. In fehr feinem Sande (Triebfand, Flugfand) eignen fie fich nicht, weil diefer Sand durch die Löcher der Röhre zur Pumpe gelangt; in folchem Material und wenn es fich um Entnahme aus grofsen Tiefen handelt (Abeffinier kann man bis zu 30 m abtreiben), werden Röhrenbrunnen mit Filterkörben angewendet.

Ein wefentlicher Unterfchied bei den Röhrenbrunnen mit Filterkörben an dem unteren Ende befteht darin, ob unmittelbar aus dem Röhrenbrunnen von den Pumpen aus angefaugt wird oder ob man in den fertigen Röhrenbrunnen noch eine befondere Saugröhre einhängt, wie in einen gewöhnlichen gemauerten Brunnenfchacht.

Bei Röhrenbrunnen der erfteren Art ift ein Saugwindkeffel unentbehrlich, um gleichmäfsigen Zuflufs zu erzielen; im anderen Falle bedarf es deffen nicht. Die Herftellung folcher Röhrenbrunnen (Fig. 345) gefchieht im Allgemeinen fo, dafs zunächft eine Bohrfchale, welche je nach der Weite derfelben von Schmiedeeifen oder Gufseifen ift (gufseiferne von 400 mm aufwärts), durch die wafferführende Schicht getrieben wird. Ift diefelbe bis an die Stelle abgetrieben, an welche man den tiefften Theil des Filterkorbes verfetzen will, fo wird die Bohrfchale, nachdem der Filterkorb abgelaffen worden, wieder aufgezogen; der Sand legt fich alsdann dicht an die Metall-Gaze, mit welcher der Filterkorb überfponnen ift, an, und es kann, fo fern die Fäden der Metall-Gaze nahe genug an einander liegen, auch der feinfte Flugfand von dem Eintritte in den Brunnen abgehalten werden. Ein am unteren Theile der Bohrfchale angebrachter Bund *B*, angepafft an einen entfprechenden Rand unterhalb des Bügels am Filterkorb, hält den letzteren feft und verhindert das Eintreten von Sand in den eigentlichen Brunnen, aus welchem mit der Saugröhre *S* Waffer entnommen werden kann [280].

Fig. 345.

Röhrenbrunnen mit Filterkorb.
1/50 w. Gr.

402.
Artefifche Brunnen.

In manchen Fällen ftehen Grundwafferftrömungen, welche zwifchen zwei undurchläffigen Schichten verlaufen, unter verhältnnifsmäfsig hohem Drucke und heifsen dann artefifche Strömungen. Wird ein Bohrloch in den Träger einer folchen Strömung eingetrieben, fo ftellt fich das Waffer in der Bohrfchale genau auf jene Höhe, welche der Preffung an der von ihr berührten Stelle in der artefifchen Strömung (als Ueberdruck über den atmofphärifchen Druck gemeffen) entfpricht. Reicht die Bohrfchale nicht bis zu diefer Höhe hinan, fo fliefst das Waffer an derfelben über. Erfolgt der Ueberlauf über Terrainhöhe, fo pflegt man die Erfcheinung einen artefifchen Brunnen zu nennen.

Es ift ftets rathfam, vor Inangriffnahme eines artefifchen Brunnens einen anerkannt tüchtigen Geologen zu berathen, welcher wenigftens ungefähr die Lage der wafferführenden Schicht kennt. Das Erbohren des Waffers gefchieht in ganz gleicher Weife, wie bei jeder anderen Bohrung; eine Verrohrung des Bohrloches ift in allen Fällen gut, um Nachftürze zu vermeiden. Die von den artefifchen Brunnen, befonders aus grofsen Tiefen, gelieferten Waffer find in der Regel als Nutzwaffer zu hart und als Trinkwaffer zu warm, wefshalb auch diefe Methode der Wafferverforgung in der neueren Zeit weniger beliebt geworden ift. Es

280) Ueber Saugkörbe für Röhrenbrunnen fiehe: D. R.-P. Nr. 16394, 23245, 33824.

werden jedoch fortwährend noch artefifche Brunnen erbohrt, und es giebt fehr viele Gegenden, in welchen artefifche Strömungen wahrfcheinlich, bezw. nachgewiefen find.

403. Ergiebigkeit der Brunnen.

Zur Beftimmung der dauernden Ergiebigkeit eines Brunnens, gleich viel welcher Art, ift die unausgefetzte Entnahme gröfserer Waffermengen und die Beobachtung der Wirkung diefer Entnahme auf den Wafferftand im Brunnen nothwendig; gleichzeitig foll ein in der Nähe des Brunnens befindlicher Grundwafferftand, welcher von der Entnahme nicht mehr beeinflufft ift, beobachtet werden. Findet ein fortwährendes Sinken des Wafferftandes im Brunnen ftatt, welches rafcher als das Sinken des unabhängigen Grundwafferftandes vor fich geht, oder zeigt fich diefes Sinken, während fich der unabhängige Grundwafferftand hebt, fo vermag der Brunnen die ihm verfuchsweife entnommene Waffermenge auf die Dauer nicht zu liefern. Senkt fich dagegen der Wafferftand im Brunnen auf ein beftimmtes Niveau und fchwankt fodann bei fortwährender Entnahme wenig und überhaupt nur übereinftimmend mit dem unabhängigen Grundwafferftande, fo darf die Möglichkeit einer dauernden Entnahme diefer Art und Gröfse als wahrfcheinlich angenommen werden. Sicherheit darüber erhält man erft nach Ablauf einer längeren Reihe von Jahren.

Es foll in der Regel der Wafferftand eines Brunnens höchftens 2 bis 3 m unter die Gleichgewichtslage abgefenkt werden.

404. Lage der Brunnen.

Soll der Brunnen nur eine Gebäudeanlage verforgen, fo achte man darauf, dafs derfelbe weder durch Abwaffer, noch durch Aborte, Abort- und Kehrichtgruben etc. verunreinigt werde. Ift die wafferführende Schicht nicht fehr tief unter der Bodenoberfläche, fo mufs der Brunnen möglichft entfernt von diefen Anftalten an einen Ort verlegt werden, welcher vorausfichtlich auch in fpäteren Zeiten von jeder Verunreinigung ausgefchloffen bleibt; auch mufs diefer Ort fo gelegen fein, dafs die Richtung des Grundwafferftromes nicht von den genannten Anftalten gegen ihn, fondern umgekehrt verläuft. In der Regel werden die Brunnen in dem zum betreffenden Gebäude gehörigen Hofraume, Garten etc. angeordnet; bisweilen legt man jedoch den Brunnen im Gebäude felbft an, an einer paffenden Stelle des Keller- oder Erdgefchoffes, wodurch man die Brunnenröhre gleichzeitig gegen Einfrieren fchützt und das Eindringen von Tagwaffer und unreinem Waffer der oberen Erdfchichten abwehrt [281]).

Gegen Froft und Hitze, fo wie gegen das Eindringen von Licht find die Brunnenfchächte oder Brunnenröhren forgfältig zu verwahren.

Die Strömungsrichtung des Grundwaffers ermittelt man durch eine Reihe von Probegruben und Bohrungen (mindeftens drei); man verbindet die erhaltenen Wafferftände auf der Karte durch Horizontal-Curven, d. h. man fucht die Wafferftände gleicher Höhe auf. Die Strömungsrichtung fteht fodann fenkrecht gegen diefe Curven, und ihr Zeiger geht von der höher nach der tiefer gelegenen.

405. Sammelfchlitze und -Galerien.

Brunnenanlagen find unvortheilhaft, fobald der aufzufchliefsende Grundwafferftrom in nicht grofser Tiefe unter der Bodenoberfläche verläuft und der Träger des Grundwaffers von letzterem auf nur verhältnifsmäfsig geringe Höhe über der undurchläffigen Schicht erfüllt wird (bei im Uebrigen gröfserer Ausdehnung des Stromes fenkrecht zu feiner Strömungsrichtung). Da man in folchem Falle gegen den Brunnen hin einen verhältnifsmäfsig kleinen Durchflufsquerfchnitt hat und die Gefchwindigkeit in demfelben anläfslich der begrenzten Abfenkungsmöglichkeit nicht erheblich fteigern kann, ift eine grofse Anzahl von Brunnen erforderlich, um daffelbe zu leiften, was eine fenkrecht auf die Strömungsrichtung angelegte, unmittelbar wirkende und auf

[281]) Siehe: Rollet, J. *Influence des filtres naturels fur les eaux potables.* Lyon 1882.

der undurchläſſigen Schicht gegründete Sammel-Anlage vollbringt. Die Wirkung der letzteren iſt unbedingt ſicher und in dieſem Falle, wie auf Grund von Koſtenvergleichen ſich jederzeit nachweiſen laſſen dürfte, auch wirthſchaftlich vortheilhafter, als die Herſtellung einer Reihe von Brunnen. Stollen, Sammel-Galerien, Sammelröhren, Dohlen, Drains und Sickerungen werden in ſolchem Falle Brunnen vorzuziehen ſein.

Sehr häufig kommt es vor — und zwar nicht nur im feſten Gebirge, ſondern eben ſowohl in den Alluvionen der Fluſsgebiete — daſs der Grundwaſſerſtrom nicht gleichmäſsig, ſondern vorzugsweiſe in einzelnen, theils mit einander in Verbindung ſtehenden, theils von einander getrennten Adern verläuft, welche gewiſſermaſsen die von der Natur angelegte Drainage der Alluvion oder des Gebirges vorſtellen. Ausnahmslos iſt dies bei Felsgebirgen der Fall, in welchen das Grundwaſſer über der undurchläſſigen Schicht in den Spalten und Klüften des überlagernden Gebirges flieſst; die verſchiedenen Stränge vereinigen ſich dann entweder an einer oder mehreren Stellen, gegen welche die undurchläſſige Schicht von allen Seiten Gefälle hat, oder ſie bilden eine Reihe von Quellen, wenn die undurchläſſige Schicht ganz oder nahezu eben und wagrecht verläuft (Spaltenquellen und Schichtenquellen). Derſelbe Fall tritt auch häufig bei Alluvionen ein, insbeſondere wenn die Geſchiebe und Gerölle der letzteren mehr oder weniger thonige Beimengungen enthalten, in welchen einzelne Stränge oder lang geſtreckte Neſter reineren Materials (Kiesadern) eingelagert ſind. In dieſen Kiesadern bewegt ſich das Grundwaſſer leichter, als im übrigen Theile der Alluvion, und, da die einzelnen Adern durch weniger durchläſſige Zwiſchenlagerungen getrennt ſind, wird ein an beliebiger Stelle eingelaſſener Brunnen ſtets einen kleinen Wirkungskreis haben; überdies iſt man nie ſicher, ob nicht bei einer gröſseren Zahl von Brunnen zwiſchen zwei derſelben Grundwaſſer durch eine Kiesader, welche weder von dem einen noch dem anderen Brunnen einbezogen wird, entweicht. In ſolchen Fällen wird man nur durch das Aufſchlitzen eines Grabens, ſenkrecht zur Strömungsrichtung und abgetrieben bis zur undurchläſſigen Schicht, alles vorhandene Waſſer gewinnen können.

Dies ſind die weſentlichſten Gründe, welche zur Wahl von wagrechten Waſſergewinnungs-Anlagen beſtimmen; ſelbſtverſtändlich können wir, bei den der Ausdehnung dieſes Kapitels geſetzten Grenzen, hier den ganzen Gegenſtand nicht ſo ausführlich behandeln, um alle Fälle aufzuzählen, in welchen lothrechte Brunnen nicht rathſam ſind und in welchen Fällen man zu einer Verbindung beider Faſſungsmöglichkeiten greifen muſs.

Die einfachſten Sammel-Anlagen ſind auf der undurchläſſigen Schicht loſe an einander gelegte kurze Thonröhren (ſog. Drains). Das Waſſer tritt durch die Stoſsfugen zwiſchen je zwei Röhren ein. Solche Drains ſind ſodann bei beſſeren Anlagen durch in einander gefügte Sammelröhren von Thon, Cement oder Guſseiſen erſetzt, deren Wandungen durchbohrt ſind, wie in Fig. 346 u. 347, oder durch ſolche, deren oberer Theil *A* (Fig. 348) eine Reihe von Zwiſchenräumen enthält, durch welche Waſſer eindringen kann. Röhren letzterer Art werden nur aus Beton und ſo hergeſtellt, daſs über einen waſſerdichten Sarg *B* eine Haube aus Kieſelſteinen, welche in einen feinen Cementmörtel eingetaucht waren und noch ſo viel Ueberzug hiervon bewahrten, um nach dem Trocknen an einander zu haften, geſetzt wird. Auch legt man manchmal kleine Dohlen aus Backſteinen mit 18 bis 20 cm Breite und von ca. 30 bis 40 cm Höhe an, welche an der gegen die Strömung ſtehenden Wand Schlitzöffnungen haben und durch Backſteine abgedeckt ſind. In Gegenden, in welchen man mehr Bruchſteinmauerwerk anwendet, werden ähnliche Dohlen aus Bruchſteinen mit Bruchſteindeckplatten hergeſtellt; ihre Conſtruction iſt allgemein bekannt, und die Abmeſſungen richten ſich nach dem zur Verfügung ſtehenden Materiale und den Bedingungen für die Durchleitungsfähigkeit der Dohle.

Fig. 346. Fig. 347. Fig. 348.

Wagrechte Sammel-Anlagen.
1/100 w. Gr.

Alle dieſe Anlagen werden nach Fertigſtellung zugedeckt und ſind ungangbar, auch nicht ſchlupfbar. Um nachſehen zu können, ob in denſelben ſich Alles in Ordnung befindet, empfiehlt es ſich, Einſteigeſchächte anzulegen, zwiſchen welchen der Sammelſtrang eine geradlinige Axe hat. Man kann in dieſem Falle dann durch Vorhalten eines Lichtes den Strang durchſehen und erforderlichenfalls mit Hilfe einer Röhrenbürſte reinigen oder, wenn er eingebrochen ſein ſollte, wenigſtens leicht die Stelle ermitteln, an welcher eine Reparatur vorgenommen werden muſs.

Beſſer, aber theuerer iſt es, ſtatt dieſer Drainagen durch Röhren begehbare Sammel-Galerien oder -Stollen anzulegen. Solche Galerien werden ſtets am Platze ſein, wenn man durch bergmänniſchen Vortrieb das Waſſer zu gewinnen veranlaſſt iſt oder wenn es die Vorſicht erheiſcht, eine allerwärts zugängliche Anlage zu errichten.

Eine begehbare Sammel-Galerie ſollte eine lichte Höhe von 1,6 bis 2,0 m und eine lichte Breite von mindeſtens 0,7 m haben; anderenfalls iſt ſie ſehr unbequem. Auf der Sohle derſelben bleiben entweder zwei Bankette ſtehen, und der Waſſerlauf iſt in der Mitte, oder man legt ein breiteres Bankett an der Seite der Galerie an, welche dem Eintritte des Grundwaſſers gegenüber liegt. Die erſtere Anordnung iſt für die Beſichtigung bequemer. Noch beſſer iſt jene Anordnung, bei welcher die abgeleiteten Quellwaſſer in beſonderer Führung laufen, wie dies bei der ca. 2 km langen Quellenfaſſung der Stadt Baden-Baden der Fall iſt. Die Galerien (Fig. 349) ſind 0,7 m breit und 1,6 m hoch. An jeder Stelle, bei welcher eine ſtärkere Quelle hervortritt, iſt in die ſüdliche Stollenwand eine Niſche eingelegt und die zur Sammlung des Quellwaſſers dienende Cementröhre gegen dieſe Niſche von Waſſerſpiegelhöhe an geöffnet. Kleinere Quellenfäden ſind in Thonröhren entlang der ſüdlichen Stollenwand geſammelt und der nächſten Niſche zugeführt. Die Sohle der Sammel-Galerie iſt in ſo fern ganz auſser Verbindung mit der eigentlichen Quellenfaſſung, als ſämmtliche im Stollen ſelbſt abtropfende Gewäſſer ſich auf derſelben gegen die Einſteigekammern fortbewegen und dort verſinken, nirgends aber eine Verbindung mit dem geſammelten Quellwaſſer erreichen können. An den Niſchen liegt zur Erreichung der Iſolirung ein guſseiſerner Winkel, der genau in die Stollenſohle eingepaſſt und an der Stollenwand befeſtigt iſt. Da die Gebirgsformation ein gleichmäſsiges Gefälle der Stollenſohle nicht zulieſs, entſtanden im Längenprofil Gefällbrüche, zwiſchen welchen ſelbſtverſtändlich die Röhrenweite der Sammelröhren wechſelt; es befinden ſich an allen ſolchen Gefällbrüchen Einſteigekammern mit kleinen Behältern, in welchen der Uebergang von einer Gefällſtrecke zur anderen vermittelt wird. Die Behälter bilden Sandfänge für das von den Felſen gelöſte und vom Waſſer beigeſchwemmte Geſtein. Dieſe Einſteigekammern ſind in Fig. 350 u. 351 dargeſtellt. Als Zugangsſtellen zur Sammel-Galerie

Fig. 349.

Begehbare Sammel-Galerie.
$^1/_{150}$ w. Gr.

Fig. 350.

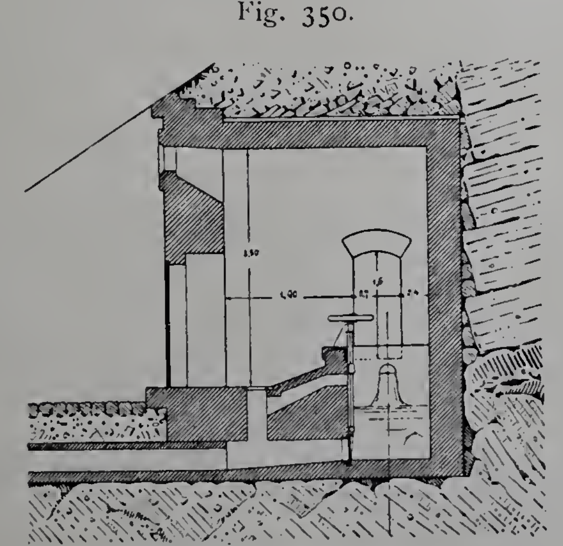
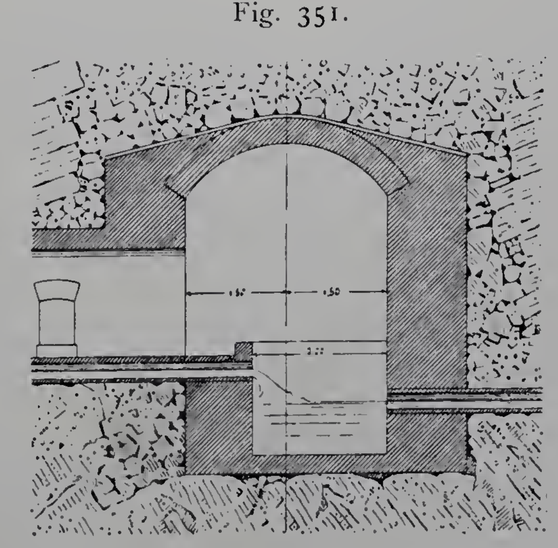


Fig. 351.



Einſteigekammern. — $^1/_{150}$ w. Gr.

erfüllen ſie noch den weiteren Zweck gründlicher Ventilation der letzteren. In Höhe der Oberkante der unteren Abfluſsröhre befindet ſich in jeder Kammer der Ueberlauf für den Waſſerbehälter; der Leerlauf-Canal iſt durch einen Schieber vom Waſſerbehälter abgeſperrt und mündet in den Wald aus. In denſelben Leerlauf müſſen ſich alle auf der Stollenſohle beigetragenen Waſſer durch das im Vorplatz angebrachte Sturzloch *S* ergieſsen. Der Leerlaufſchieber kann mit einem Handrade in der Kammer geſtellt werden, ſo daſs die Reinigung des Behälters jederzeit leicht erfolgen kann; Spindel und Sitzflächen ſind von Bronze hergeſtellt.

Jede Kammer ift durch eine Doppelthür verfchloffen und durch eine Rofette gelüftet; die Lüftungen wirken gleichzeitig für die ganze Sammel-Anlage und erhalten die Luft in den Galerien ftets rein. Die Gewölbe find überall mit Ifolirfchichten überzogen, wodurch das Eintropfen von Waffer thunlichft verhindert wurde. Die gröfste Länge einer Galerieftrecke zwifchen zwei Zugängen beträgt etwa 200 m. Zu den Eingängen der Kammern, deren Bodenfläche 6 bis 8 m unter Terrain, führt von aufsen ein in den Felfen gefprengter Einfchnitt mit abgepflafterter Sohle, in welchem auch die Leerlaufröhre liegt.

Bei der Anlage von Sammel-Galerien etc. wird fehr häufig der Fehler gemacht, dafs man die Einfteigefchächte unmittelbar über dem offenen Reinwaffer-Canal anbringt; durch die Schachtdeckel, welche nie dicht abfchliefsen und in der Regel für das Einftecken des Schlüffels durchlocht find, können in folchem Falle Unreinigkeiten aller Art, insbefondere aber Schmutzwaffer, zum Quellwaffer gelangen. Die Einfteigefchächte follten daher ftets feitlich des Reinwaffer-Canales gelegt, befonders entwäffert und durch Zwifchenwände vom Reinwaffer-Canal gefchieden werden.

406. Sickerungen.

Befindet fich in einem wafferführenden Boden das Grundwaffer fehr nahe unter der Bodenoberfläche und find befonders lange Gräben zur Auffchliefsung erforderlich, fo werden die letzteren auch häufig offen angelegt oder als Sickerungen behandelt, in welch letzterem Falle man durch Einlage von Steinen etc. künftlich eine Einrichtung fchafft, die ähnlich wirkt, wie eine in thoniger Alluvion eingelagerte Kiesader. In allen diefen Fällen hat man mit grofser Sorgfalt darauf zu achten, dafs die Sammel-Anlage allen äufseren Einflüffen (Verunreinigungen etc.) entzogen wird.

Die Gewinnung von Dünenwaffer ift ein befonderer, hierher gehöriger Fall, hinfichtlich deffen wir auf die unten genannte Quelle [282]) verweifen.

407. Wahl der Faffungsorte.

In vielen Fällen hat man die Wahl zwifchen Seewaffer, Flufswaffer, Grundwaffer und Waffer aus Quellen; es entfteht fodann die Frage, welche Art der Verforgung man wählen foll. Eine Zeit lang wurden auch von fachverftändiger Seite in erfte Reihe Quellwaffer, in zweite Grundwaffer und in dritte Reihe die übrigen Wafferarten geftellt und die Regel befolgt: erft dann, wenn nachgewiefen ift, dafs Quellwaffer nicht oder nicht in genügender Menge zu haben, ift auf Grundwaffer und erft Mangels an Grundwaffer auf andere Wafferarten zu greifen [283]). Man hat dabei den wefentlichften Factor, die Koften der Anlage, nicht vergeffen, aber doch fehr zurücktreten laffen.

Heute ftellt man zwar die gleichen Anforderungen an die Befchaffenheit des Waffers, wie früher, d. h. man verlangt, dafs daffelbe klar, farblos und geruchlos und nach feinen chemifchen und gefundheitlichen Eigenfchaften gutes Trinkwaffer fei; find aber diefe Bedingungen erfüllt, fo fpielt neben denfelben die Herkunft des Waffers keine wefentliche Rolle mehr.

Steht eine ftädtifche Wafferverforgung zur Verfügung, fo werden fowohl einzelne Gebäude, als auch Gebäude-Complexe fich ftets am beften an diefe Anlage anfchiefsen; doch wird auch hier für den Fall, dafs es leicht möglich wäre, eine felbftändige Verforgung zu errichten, durch annähernden Koftenvergleich zu ermitteln fein, was das Billigere ift.

Ift eine felbftändige Verforgung die einzige Möglichkeit, fo wird in vielen Fällen zu erwägen fein, ob künftliche Wafferhebung oder Wafferbezug aus Ciftemen, Quellen etc. das Billigere ift. Bei der künftlichen Wafferhebung fpielt der Betriebsaufwand die Hauptrolle; die jährlichen Koften für diefen Aufwand find zu kapitalifiren und zum Bauaufwand für die Leitung zuzufchlagen, um eine Vergleichsfumme zu erhalten. Kann die Wafferhebung durch Perfonal erfolgen, welches für andere Zwecke

[282]) Schmitt, E. Ueber Dünen-Wafferverforgung einiger holländifchen Städte. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 515.

[283]) Siehe: Grahn, E. Berechtigte Anfprüche an Wafferverforgungen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1876, S. 501.

ohnehin gehalten werden mufs, fo dafs für folche Leute die Wafferförderung eine Art Nebenbefchäftigung bildet, fo werden als Betriebsaufwand nur die Unterhaltungskoften für die Pumpen etc. in der Rechnung erfcheinen.

Bei der künftlichen Wafferhebung (insbefondere mit Waffer- und Dampfkraft) ift zu beachten, dafs mit der gleichen Betriebsmafchine auch andere im Haushalte nöthige Gefchäfte unter Umftänden verrichtet werden; in folchen Fällen dürften die aus dem Betrieb der Kraftmafchine für die Wafferverforgung entftehenden Koften meift fehr geringfügiger Natur fein.

Steht es in Frage, ob aus demfelben Lieferungsgebiete künftliche Hebung oder Zuleitung unter natürlichem Drucke zweckmäfsiger ift, was manchmal vorkommt, z. B. bei Entnahme aus Alluvionen in ftark fallenden Flufsthälern, fo ift, wie folgt, zu verfahren. Man legt durch die Höhe des Ueberlaufwafferfpiegels im Behälter, von welchem aus die Wafferverteilung für den Gebäude-Complex erfolgt, eine Wagrechte und fucht den Schnitt derfelben im Flufsthale mit dem dafelbft vorhandenen Grundwafferfpiegel. Ift die Entfernung diefes Schnittpunktes vom Behälter gleich $\mathfrak{L}$, fo liegt in der weiteren Entfernung $\frac{\mathfrak{L}}{5}$ flufsaufwärts eine Stelle, an welcher die Wafferfaffung angelegt werden mufs, wenn die Zuleitungskoften thunlichft geringe werden follen. Sind dann diefe Koften gröfser, als der kapitalifirte Betriebsaufwand und die Einrichtungskoften für künftliche Hebung, fo ift die letztere vorzuziehen und umgekehrt. Selbftverftändliche Vorausfetzung ift, dafs die Waffergewinnung eben fo einfach oberhalb des Verforgungs-Objectes im Flufsthale, als in unmittelbarer Nähe (bei Anlage einer Pumpftation) hergeftellt werden kann.

---

15. Kapitel.

Zuleitung und Vertheilung des Waffers.

408. Hauptzuleitung.

Ift eine einzige Quelle vorhanden oder ift das Waffer von mehreren Quellen nach einem einzigen Punkte geführt oder kann die Entnahme von der Abzweigung einer beftehenden Wafferverforgung aus erfolgen, fo beginnt hier die Zuleitung zu dem Gebäude oder der Gebäudegruppe. Man wird für die Zuleitung entweder eine offene oder eine gefchloffene Leitung und den kürzeften Weg zum Verforgungs-Objecte wählen. Aus Rückfichten für die Sicherheit der ununterbrochenen Wafferverforgung ftatt einer einzigen Zuleitung eine doppelte zu nehmen, empfiehlt fich nicht, insbefondere dann nicht, wenn bei etwaigen Störungen an der Zuleitung dem Verforgungs-Objecte durch einen Behälter der Wafferbezug dennoch für einige Zeit gefichert ift.

Verbindet man den Punkt der Wafferentnahme mit dem im Verforgungs-Objecte anzulegenden Wafferbehälter oder, wenn ein folcher überflüffig, mit dem Beginn der Hausleitung durch eine gerade Linie, fo würde dies der kürzefte Weg für die Zuleitung fein. Es ift defshalb vor allen Dingen zu unterfuchen, ob man nicht in der Lage ift, diefe kürzefte Linie zu verfolgen. In den meiften Fällen wird dies nicht möglich fein; dann mufs der richtige Weg entweder rechts oder links diefer Linie liegen. Die Unterfuchung hat fich defshalb in zweiter Reihe mit der Beantwortung der Frage zu befaffen, ob die Lage der Leitung rechts oder links der genannten Geraden zu wählen fei. Für diefe Wahl können aufser dem Koftenpunkte befondere Rückfichten entfcheidend fein, welche fich einer allgemeinen Befprechung entziehen, z. B. das Verbot der Benutzung fremder Grundftücke, die Schwierigkeit fachgemäfser Röhrenlegung in fumpfigem oder felfigem Boden, die Umgehung von Ueberbrückungen oder Unterfahrungen von Flüffen etc.

Hat man bei Zuleitung von Quellen, überhaupt bei felbftändiger Verforgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe, eine Trace feft geftellt, fo entfcheidet das Längenprofil derfelben, ob eine Druckleitung oder eine offene Leitung angelegt werden mufs. Meiftens find beide Arten von Leitungen möglich; nur

ift manchmal die eine zweckmäfsiger, als die andere. Man legt die offene Leitung, wenn die Gefällslinie im Abtrage geht, in einen Einfchnitt; geht fie im Auftrage, fo mufs fie auf einen Unterbau gelegt werden. Die Druckleitung dagegen kann man ganz beliebig legen, wenn man die höchften Punkte entlüftet und vermeidet, dafs die Preffung innerhalb der Druckröhre unter die atmofphärifche finkt. (Vergl. auch Art. 423.)

Gerinne aus Mauerwerk, Cementröhren, Thonröhren etc., in welchen das Waffer ohne innere Preffung fliefst, haben im Allgemeinen vor den meift gufseifernen, jedenfalls aus Metallröhren hergeftellten Druckleitungen den Vorzug, dafs das in denfelben fliefsende Waffer reiner bleibt, dafs man fie leichter zugänglich machen und reinigen, fo wie, dafs man fie mit fehr wenig Gefälle und meift mit geringerem Herftellungsaufwande bauen kann und dafs für die Haltbarkeit folcher Anlagen Erfahrungen von Jahrtaufenden vorliegen, während man bei Metallröhren aus verfchiedenen Gründen annehmen mufs, dafs ihre Dauer nur eine befchränkte fein wird.

Ein Gerinne (Cementröhrenleitung, Thonröhrenleitung) kann jedoch nur dort mit Vortheil hergeftellt werden, wo die Gefällslinie auf der ganzen Erftreckung der Leitung im Abtrage liegt; die Erfüllung diefer Bedingung wird unter Umftänden eine ganz aufserordentliche Länge der Entwickelung verlangen und dadurch im Vergleiche zu einer Druckleitung, welche an das Befolgen einer gleichmäfsigen Gefällslinie nicht gebunden ift, gröfsere Koften verurfachen. Auch in jenen Fällen, in welchen die Gefällslinie auf fehr erhebliche Tiefen in den Einfchnitt zu liegen kommt, ift der Koftenaufwand fehr häufig fo grofs, dafs man billiger eine Druckleitung herftellt. Befindet fich die Gefällslinie im Auftrag, fo würde an diefen Stellen die offene Leitung durch Unterbauung (Aquäduct) zu ftützen fein, und es ift hier von vornherein billiger und beffer, dies nicht zu thun, fondern eine Druckleitung anzulegen.

Eine Zuleitung im Freien (zwifchen frei ftehenden Gebäuden oder Gebäudetheilen, über Wafferläufe, Gräben, Schluchten etc.) ift nur dann ftatthaft, wenn für eine ftändige Wafferbewegung in den Röhren geforgt wird. Aufserdem find in folchem Falle Stopfbüchfen oder **U**-förmig geftaltete Krümmer aus Kupferröhren in die Leitung einzufchalten, damit diefe ohne Gefahr die Ausdehnungen und Zufammenziehungen mitmachen kann, welche der Wärmewechfel im Freien veranlafft.

Bei Beftimmung der Lichtweiten von Zuleitungen hat man in erfter Linie zu unterfuchen, welche gröfste fecundliche Waffermenge beizuführen ift; die letztere berechnet fich in der in Art. 389 (S. 378) dargeftellten Weife. Bezeichnet man fodann mit H das Gefälle (in Met.) einer Zuleitung (die wirkfame Druckhöhe, d. h. den Höhenunterfchied zwifchen Quellwafferfpiegel und Wafferbehälterfpiegel oder Auslauf), F den Querfchnitt der Zuleitung (in Quadr.-Met.), p den benetzten Umfang der letzteren (in Met.), L die Länge der Zuleitung (in Met.) und Q die von ihr zu befördernde Waffermenge (in Cub.-Met.), fo mufs fein

$$H = \frac{Q^2 \, L \, p}{k^2 \, F^3} \, .$$

Hat die Leitung ein kreisrundes Profil, d. h. ift fie eine mit Waffer ganz erfüllte Röhre, fo wird, da $p = \pi \, D$ und $4 \, F = \pi \, D^2$,

$$H = \frac{4 \, Q^2 \, L \, \pi \, D}{k^2 \, \pi^3 \, D^6} = \frac{\lambda \, Q^2 \, L}{D^5} \, .$$

Setzt man, wie üblich, für Annäherungsrechnungen $k = 50{,}93$, fo wird $\lambda = 0{,}0025$; diefe Zahlenwerthe find bekannt unter dem Namen der *Eytelwein*'fchen, bezw. *Dupuit*'fchen Coefficienten [284].

Es empfiehlt fich, wegen der unvermeidlichen Incruftation von Metallröhren die nach der Formel erhaltenen Lichtweiten etwas zu vergröfsern; eben fo find bei offenen Leitungen die erhaltenen Mafse auf etwas gröfsere Ziffern abzurunden, um den Unvollkommenheiten der Ausführung Rechnung zu tragen.

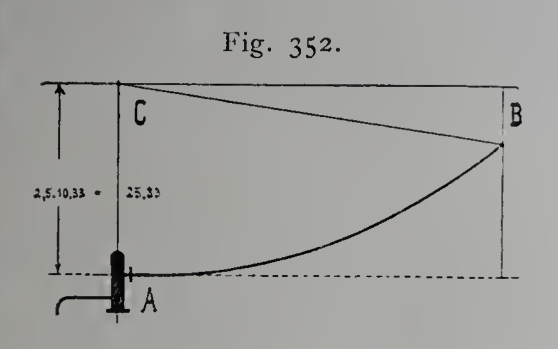
Man erfieht leicht aus den angegebenen Formeln, dafs der Einflufs des Wafferquerfchnittes und der Waffermenge viel bedeutender ift, als jener des Gefälles H oder der Leitungslänge L. Es ift daher unnütz, bei einer Zuleitung grofse Koften aufzuwenden, um das Gefälle (die Druckhöhe) zu vermehren; man

[284] Zugehörige Tabellen finden fich in *Dupuit*'s bereits (in Fufsnote 276, S. 390) genannten Werke (S. 474), neuere vom Verf. auf Grundlage der *Kutter*'fchen Formel aufgeftellte im »Tafchencatalog der Kalberger Hütte« (Saarbrücken), S. 13.

wird in den hieraus fich ergebenden Erfparniffen an dem für die Leitung anzuwendenden Querfchnitt keinen entfprechenden Gleichwerth finden.

Alle feither behandelten Grundfätze für die Zuleitung des Waffers bleiben auch bei künftlicher Wafferhebung unverändert beftehen; die Lage des Quellwafferfpiegels, von welchem wir ausgegangen find, wird in diefem Falle durch das Mafs der dem Ueberdruck im Druckwindkeffel entfprechenden Wafferfäulenhöhe erfetzt. Daffelbe gilt auch für eine Entnahme aus beftehendem Röhrennetze.

Fig. 352.



Ift z. B. an der Stelle A (Fig. 352) ein Pumpwerk aufgeftellt und zeigt die Preffung im Druckwindkeffel $2^1/_2$ Atmofphären Ueberdruck, fo läuft am Ende B der Röhrenleitung AB eben fo viel Waffer heraus, als wenn das letztere vom Punkte C, welcher $2{,}5 \cdot 10{,}33 = 25{,}83$ m über dem Manometer am Druckwindkeffel liegt, unter natürlichem Drucke nach B abgeleitet würde. Das Gleiche gilt, wenn ftatt des Druckwindkeffels in A eine Röhre mit $2^1/_2$ Atmofphären Ueberdruck des Waffers in derfelben vorhanden gedacht wird.

409. Gefchwindigkeit in den Leitungen.

Bei künftlicher Wafferhebung mit Dampfkraft werden in der Regel die geringften Gefammtkoften (alfo des Jahresaufwandes für Betrieb und Verzinfung des Anlagekapitals etc.) erzielt, wenn die Lichtweite der Druckröhre fo bemeffen ift, dafs die Gefchwindigkeit in derfelben ca. 0,5 m in der Secunde beträgt. Bei Zuleitungen von beftehenden Wafferwerken aus beftimmt man in der Regel die Röhrenweite fo, dafs die fecundliche Gefchwindigkeit 1 m nicht überfteigt.

Bei Gefchwindigkeiten von 1 m in der Secunde vermögen die nachftehend aufgeführten Röhrenweiten folgende Waffermengen zu tragen:

Röhrenweiten	25	30	40	50	75	100	125	150	175	200	300	400	500	Millim.
Waffermenge	0,5	0,7	1,3	2,0	4,4	7,9	12,3	17,7	24,1	31,4	70,7	125,7	196,4	Secundenliter.

Bei Gefchwindigkeiten von 0,5 m in der Secunde die Hälfte.

Bei Verwendung von Cementröhren, Thonröhren etc. ift es nicht rathfam, (auch bei vorhandenem grofsem Gefälle) die fecundliche Gefchwindigkeit auf mehr als 1,0 bis 1,5 m anfteigen zu laffen, weil erfahrungsgemäfs auch bei gutem Röhrenmateriale durch Anwendung gröfserer Gefchwindigkeiten ein Angriff auf die Röhrenwände erfolgt. Auch in Metallröhren follte die fecundliche Gefchwindigkeit 2 m nicht überfteigen, wenn Angriffe auf die Wandungen vermieden werden wollen.

410. Röhrenmaterial.

Hinfichtlich des zu verwendenden Röhrenmaterials fei bemerkt, dafs gufseiferne Röhren bis auf die Lichtweite von 25 mm als kleinfte in den befferen Giefsereien hergeftellt werden; kleinere Lichtweiten als 25 mm pflegt man bei Zuleitungen nicht zu verwenden. Nach den Erfahrungen, welche man feit einer Reihe von Jahren an Röhrenleitungen von Gufseifen gemacht hat, fcheint diefes Metall, befonders bei Anwendung von Muffendichtung, fich beftens zu bewähren; doch mufs der Boden, in welchem die Röhren verlegt werden, frei von Humusfäure und von jedem Salzgehalte fein. Sie eignen fich alfo nicht zur Verwendung in moorigem Boden oder in der Nähe deffelben und eben fo wenig in der Nähe des Meeres oder in einem mit Afche und Schlacken vermifchten Untergrunde. Auch ift zu beachten, dafs harte Waffer bei ihrer Durchleitung durch gufseiferne Röhren die Wandungen zwar gleichmäfsig langfam incruftiren, dafs fie aber das Eifen wenig angreifen, während fehr weiche Waffer und namentlich folche, welche viel organifche Subftanzen führen, im Inneren der gufseifernen Leitungen grofse Roftknollen erzeugen, durch welche die Röhren nach und nach zuwachfen.

So lange es in Rückficht auf die Gefällsverhältniffe durchführbar ift, d. h. für alle Leitungen ohne innere Preffung, eignen fich am beften Thonröhren und Cementröhren, nicht allein ihrer gröfseren Dauerhaftigkeit, fondern auch ihres wefentlich billigeren Preifes wegen.

Die Eigenfchaften der verfchiedenen anderen Röhrenarten werden in Art. 422 befonders berührt werden.

411. Erzielung der nöthigen Druckhöhe.

Wenn am Urfprunge des einer Verforgung dienenden Waffers nicht fchon die nöthige Höhenlage vorliegt, welche eine unmittelbare Zuleitung zu dem Verforgungs-Objecte geftattet, fo mufs zunächft eine künftliche Hebung erfolgen. Die hierzu dien-

lichen Hilfsmittel find fehr mannigfaltig, und die Anwendung des einen oder des anderen ift von den befonderen Verhältniffen der Anlage abhängig.

Bezeichnet T_{max} den gröfsten Tagesverbrauch (in Lit.), n die Anzahl der Arbeitsftunden, während welcher das Wafferhebewerk arbeitet, h (in Met.) die abfolute Höhe, auf welche das Waffer gehoben werden mufs, δ die mit der Leitung, Hebung etc. verbundene Druckverlufthöhe (in Met.), fo ift der reine Nutzeffect (in Pferdeftärken), welchen die Hebungsmafchine leiften mufs, durch die Formel ausgedrückt:

$$N_r = \frac{T_{max} (h + \delta)}{3600 \, n \, . \, 75} .$$

Je nachdem nun eine befondere Art von Wafferhebung gewählt wird, ift aufser diefem reinen Nutzeffecte noch ein Nebeneffect zu vollbringen, entfprechend den bei der Hebung fich ergebenden verlorenen Arbeiten; der letztere ift um fo geringer, je vollkommener die Hebungsanlage.

Im Allgemeinen wird man bei Koftenanfchlägen und allgemeinen Schätzungen gut thun, die erforderliche mafchinelle Kraft N zur Vollbringung des vorhin berechneten Effectes N_r nie geringer als 1,25 bis 1,5 N_r in Rechnung zu ziehen.

412. Einrichtungen zur Hebung des Waffers.

Ueber diefe allgemeine Angabe hinaus wird der Architekt die nähere Bearbeitung der Hebungsanlage felten ohne Mithilfe eines Mafchinentechnikers vollziehen, und wir geben defshalb im Folgenden nur einen gedrängten Ueberblick über die verfchiedenen zur künftlichen Förderung des Waffers gebotenen Möglichkeiten.

Die Mafchinen zur Wafferhebung[285]) laffen fich in zwei Hauptabtheilungen bringen: in Schöpfmafchinen und Pumpen. Zu den letzteren zählt man auch die Strahl-Apparate (Wafferftrahlpumpen).

Mit Handeimern kann ein Mann in der Minute etwa 100 l Waffer fchöpfen; eben fo mit geftielten Eimern (Wafferfchapfen).

Ketteneimer an Winden find fehr häufig gebrauchte Wafferhebemafchinen. Um den Eimer auf den Wafferfpiegel abzulaffen, ift an einem über der Quelle oder dem Brunnen angebrachten Träger eine einfache Leitrolle oder Radwelle befeftigt, um welche die Kette fich fchlingt, die den leeren Eimer auf den Wafferfpiegel abläfft und zum Aufziehen des gefüllten Eimers dient. In der Regel befinden fich an der über die Leitrolle gehenden Kette zwei Eimer, fo dafs einer derfelben niedergeht, während der andere auffteigt.

Durch Drehung einer Welle fetzt man zum Schöpfen gröfserer Waffermengen Räder mit beweglichen und feften Eimern an ihrem Umfange, fodann folche mit Zellen und Spiralgängen, endlich Paternofterwerke und Wafferfchrauben (Schlangen) in Bewegung.

Pumpen werden entweder mittels eines Hebels, wie bei den gewöhnlichen Pumpbrunnen (Handpumpen), Feuerfpritzen, Balancir-Pumpen getrieben oder von einer Welle mit Umdrehung, von welcher aus die Kolbenftange durch Kurbel und Pleuelftange hin- und herbewegt wird. Der luftverdünnte Raum in der Saugröhre, in welche fodann die atmofphärifche Preffung das Waffer nachtreibt, wird durch Abfaugen von Luft mittels eines gewöhnlichen Lederkolbens oder eines Taucherkolbens hergeftellt; bei Strahl-Apparaten (Wafferftrahlpumpen) gefchieht das Abfaugen der Luft durch die Wirkung der Adhäfion zwifchen Luft und Wafferftrahl.

Aufser den Kolbenpumpen und Strahl-Apparaten ftellen auch die Centrifugalpumpen, Würgelpumpen und Pulfometer den luftverdünnten Raum in der Saugröhre her.

Bei gröfserem Wafferbedarfe und insbefondere dann, wenn mafchinelle Kraft ohne bedeutenden Aufwand verfügbar ift, werden faft ausfchliefslich Kolben-, bezw. Taucherkolben-Pumpen zum Wafferheben benutzt. Centrifugalpumpen und Würgelpumpen dienen mehr für die Hebung unreinen Waffers (behufs nachheriger Filtration). Pulfometer erwärmen das durch fie geförderte Waffer, weil der Dampf bei diefen

---

285) Eine ausführliche Darftellung der hierher gehörigen Mafchinen ift zu finden in:

WEISSBACH, J. Ingenieur- und Mafchinen-Mechanik. Theil III, Bd. 2. 5 Aufl. von G. HERMANN. Braunfchweig 1884.

HARTMANN, K. Die Pumpen. Berechnung und Ausfuhrung der für Förderung von Flüffigkeiten gebräuchlichen Mafchinen. Berlin 1889.

unmittelbar auf die Ventile, bezw. die zu hebende Wafferfäule wirkt; fie finden defshalb bei der Wafferverforgung nur ganz ausnahmsweife Verwendung.

Steht zur Speifung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe eine mächtige, aber tief liegende Quelle zur Verfügung, von welcher ein Theil genügt, um hinreichend Waffer zu liefern, fo kann der andere Theil als bewegende Wafferkraft verwendet und das Waffer gehoben werden. Man benutzt hierzu den hydraulifchen Widder als die einfachfte und billigfte Hebemafchine; dem gleichen Zwecke dienen der *Schmid*'fche Motor (Kolbenmafchine), der *Kröber*'fche Motor mit feinen Modificationen, fo wie der *Hillebrand*'fche Motor u. a. Alle diefe Mafchinen geben einen Nutzeffect von im Mittel ca. 70 Procent, d. h. es findet bei Vernachläffigung der Reibungsverlufte in den Röhrenleitungen (oder Einführung derfelben durch Addition zur abfoluten Förderhöhe H) und wenn Q die Waffermenge der Quelle, q der Wafferbedarf im Gebäude-Complexe, h die Erhebung der Quelle, H die Erhebung des Wafferbehälters im Gebäude über der Pumpe bedeuten, die Beziehung ftatt:

$$0{,}70\ Q\ h = q\ H.$$

Man wird, befonders bei etwas entlegenen Gebäuden und Gebäudegruppen, möglichft auf einfache, leicht zu bedienende und geringen Unterhaltungsaufwand erfordernde Mafchinen zu fehen haben. Der letztere wird, wenn Reparaturen fchwer auszuführen find, weil geeignete Fabriken fich nicht in der Nähe befinden, die Hauptrolle fpielen. Liegt die Quelle etwas entfernt, fo dafs die Bedienung der Mafchinen fehr viele Zeit erfordert, wenn der Wärter zum Anlaffen und Abftellen zwifchen Gebäude und Mafchinenhaufe hin- und hergehen mufs, fo empfehlen fich am beften die *Hillebrand*'fchen Motoren, welche fich von jeder Stellung aus felbftthätig in Bewegung fetzen, fobald der Steigröhre im Verforgungsobjecte Waffer entnommen oder der Spiegel im Wafferbehälter gefenkt wird (Schwimmerventil vorausgefetzt) und welche alsbald zu arbeiten aufhören, wenn der Wafferbehälter gefüllt ift oder keine Entnahme mehr ftattfindet.

Ift bei einer Wafferverforgung Waffer unter überfchüffig hohem Drucke, aber in ungenügender Menge oder von zu hohem Preife vorhanden, während geeignetes tief liegendes Waffer in genügendem Mafse oder umfonft zu haben wäre, fo kann die Hebung des tief gelegenen Waffers durch einen Strahl-Apparat (Anfaugen) mittels des Hochdruckwaffers erfolgen. In gleicher Weife vollzieht fich die Wafferhebung, wenn ftatt des Hochdruckwaffers Luft unter hohem Drucke zur Verfügung fteht. Auch mittels Wafferdampfes kann die Hebung im Strahl-Apparate erfolgen, wobei aber felbftverftändlich das gehobene Waffer wefentlich erwärmt wird, was fich nur für vereinzelte Fälle eignet.

Als Kraftmafchinen für den Betrieb von Pumpen werden auch in manchen Gegenden mit regelmäfsigen Windftrömungen Windräder benutzt; die befferen Conftructionen arbeiten fowohl bezüglich der Richtung, als auch der Stärke des Windes felbftregelnd. Der unvermeidliche Uebelftand der Windräder, bei zu ftarker oder zu geringer Windgefchwindigkeit nicht arbeiten zu können, befchränkt ihre Anwendung auf Wafferverforgungen mit gröfseren Ausgleichungsbehältern, deren Inhalt nach der bekannten gröfsten Windftille zu bemeffen ift, wenn nicht für Erfatz in folchen Zeiträumen geforgt zu werden vermag. Für mittlere Verhältniffe kann man den nöthigen Durchmeffer eines Windrades, welches eine reine Nutzarbeit von N Pferdeftärken leiften foll, annähernd fetzen:

$$D = 10\sqrt{N}.$$

Möglichft hohe und freie Aufftellung der Windräder erhöht ihre Leiftungsfähigkeit fehr wefentlich [286]).

[286]) Siehe auch: Privat-Wafferleitungen durch Windmotoren-Betrieb. Deutfche Bauz. 1882, S. 394.
PFEFFER, W. Windmotoren zum Betriebe von Wafferleitungen. Deutfche Bauz. 1883, S. 133

Selbftverftändlich kann jede Kraftmafchine für den Betrieb von Pumpen geeignete Verwendung finden, insbefondere alfo auch die Gasmotoren, die Heifsluftmafchinen, Dampf- und Waffer-Motoren aller Art; ferner Treträder, Göpelwerke etc. und auch Menfchenkraft.

413. Wafferbehälter.

Werden einzelne Gebäude oder Gebäudegruppen aus einem öffentlichen Wafferwerke mit Waffer verfehen, bei welchem die Wafferlieferung ununterbrochen und ohne Einfchränkung der Entnahmemenge gefchieht, fo ift die Aufftellung eines Vertheilungsbehälters nicht erforderlich. In allen anderen Fällen dagegen wird es vortheilhaft fein, durch Anlage eines befonderen Wafferbehälters (Refervoirs) eine jederzeitige beliebige Benutzung des Waffers zu ermöglichen.

Erfte Bedingung für einen derartigen Vertheilungsbehälter ift, dafs er fich in einer Höhenlage befinde, welche fämmtliche Ausläufe der Leitung beherrfcht. Was den Rauminhalt deffelben betrifft, fo ergiebt fich deffen kleinftes Mafs durch Vergleichung des regelmäfsigen Zulaufes mit den hiervon abweichenden Verbrauchsmengen innerhalb kürzerer Zeiträume; im Uebrigen kann ein Wafferbehälter nie zu grofs angelegt werden. Die Auffpeicherung eines halben Tagesbedarfes follte, wenn möglich, bei Beftimmung des Rauminhaltes als Kleinftmafs feft gehalten werden.

Ift es nicht möglich, in einem Gebäude ohne Beeinträchtigung anderer Beftimmungen deffelben einen einzigen Wafferbehälter von dem eben gedachten Inhalte zu erbauen, oder hat man ein Intereffe daran, den Betrieb in Hochdruck und Niederdruck zu theilen, fo können mehrere Behälter an die Stelle eines einzelnen treten. Die Koften werden dabei felbftverftändlich erhöht. Einige Vortheile diefer Anordnung find:

1) Verfagt einer der Wafferbehälter, fo kann — entfprechende Anordnung vorausgefetzt — die Wafferverthcilung durch die übrigen ftattfinden; es tritt fonach eine vollftändige Unterbrechung der Wafferverforgung nicht ein, was in Rückficht auf die nöthige Reinigung der Behälter fehr werthvoll ift.

2) Grofse Behälter erfordern fehr kräftige Unterftützungen, alfo meift befondere Unterbauung.

3) Das Unterbringen kleinerer Behälter in froftfreien Räumen ift leichter durchführbar und die Unterhaltung derfelben einfacher, als die eines grofsen Behälters.

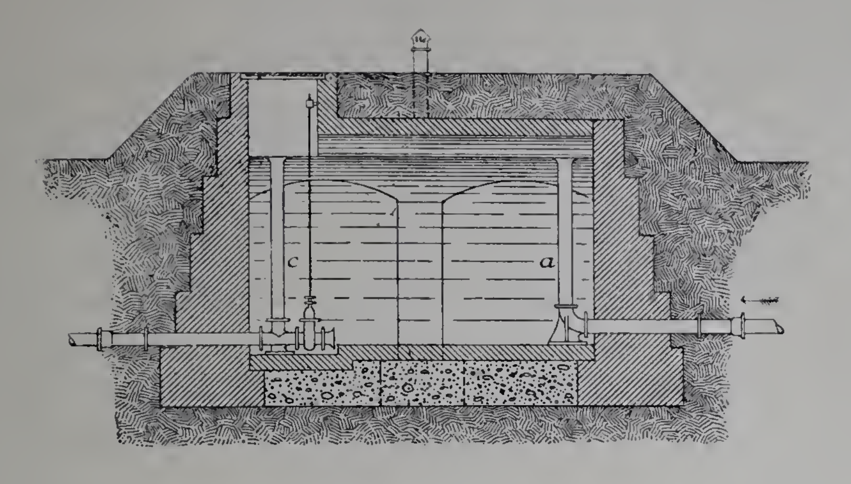
4) Für gewiffe Zwecke, z. B. für das Begiefsen der Gärten, ift ein langes Lagern des Waffers von erheblichem Nutzen, während dies für andere Zwecke, insbefondere für das Genufswaffer, ein Nachtheil ift.

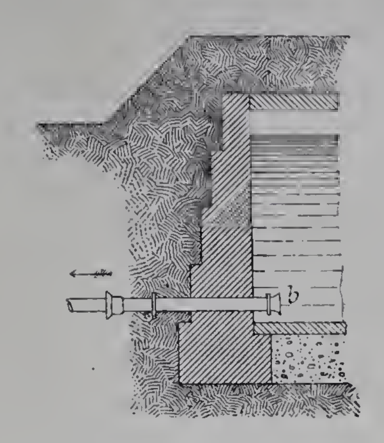
Was die Conftruction der Vertheilungsbehälter anbelangt, fo hat man zu unterfcheiden, ob diefelben in den Boden eingebaut werden können (was übrigens nur felten vorkommen wird), oder ob diefelben im Dachgefchofs oder fonft einem hohen Punkte der Gebäude aufgeftellt werden follen.

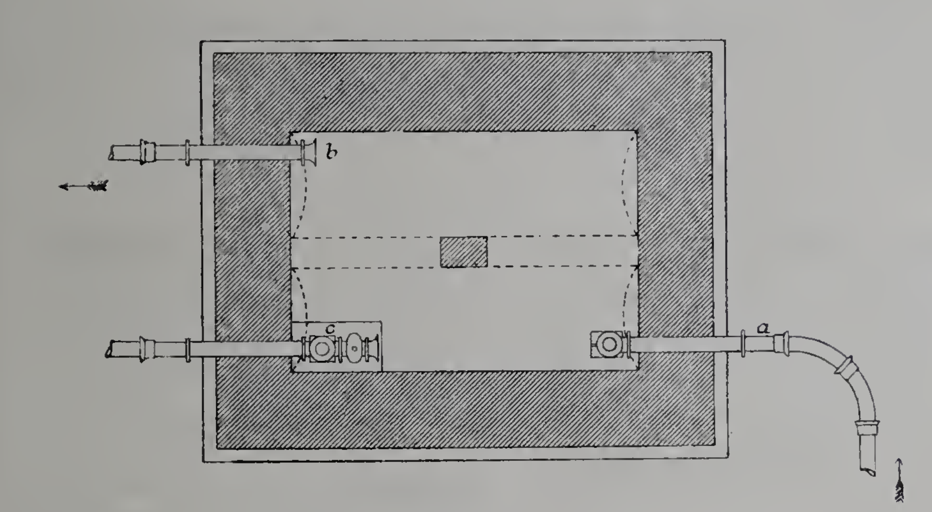
Geftatten die Verhältniffe den Einbau des Wafferbehälters in den Boden, fo genügt es für kleine Anlagen, einen wafferdichten Schacht, welcher innen mit einem hart gefchliffenen Cementputz zu verfehen ift, herzuftellen und denfelben in doppelten Lagen mit Stein- oder Eifenplatten abzudecken. Gröfsere Behälter werden überwölbt und zum Schutze gegen Temperatur-Einflüffe in einer Höhe von mindeftens 1 m mit Erdreich überdeckt.

Fig. 353 zeigt die Skizzen eines kleinen überwölbten Wafferbehälters. Die Sohle deffelben wird aus Beton in einer Stärke von nicht unter 40 cm hergeftellt, worauf 3 Steinflachfchichten zu liegen kommen. Der Behälter befitzt einen Einlauf *a* als Ueberfall conftruirt, einen einfachen Ablauf *b* und eine Ueberlauf- und Entleerungsleitung *c*, um überfchüffiges Waffer ableiten und den Behälter entleeren zu können. Nach Fig. 354 ift die Zuleitung mit der Ableitung durch einen Röhrenftrang verbunden, fo dafs man durch 2 Abfperrfchieber den Behälter aus der Leitung ausfchalten kann. Der Wafferbehälter erhält einen gemauerten Einfteigefchacht. Es ift zur Verhütung des Eindringens von unreinem Waffer und Schmutz der Schachtdeckel vollftändig dicht einzufetzen. Sicherer, aber etwas theuerer ift die Anordnung eines vom Wafferbehälter getrennten Einfteigefchachtes.

Fig. 353.





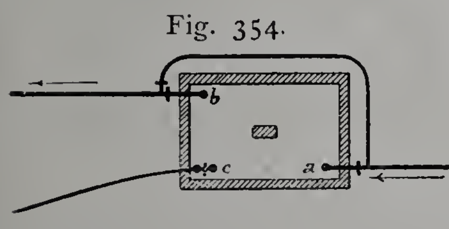


Gemauerter Vertheilungsbehälter. — $^1/_{200}$ w. Gr.

Vertheilungsbehälter, welche im Dachgefchofs der zu verforgenden Gebäude oder in befonderen thurmartigen Bauten etc. aufzuftellen find, werden aus Holz oder aus Eifen hergeftellt.

Hölzerne Behälter werden nur felten (in Amerika) ähnlich wie Fäffer aus ftarken Holzdauben zufammengefügt und durch eiferne Reifen oder Zugbänder zufammengehalten; fie find auf die Dauer nur fchwer wafferdicht zu erhalten. Meiftens werden Holzbehälter als viereckige Kaften aus ftarken Brettern oder aus Bohlen zufammengefetzt und innen, um die erforderliche Wafferdichtigkeit zu erzielen, mit Zinkblech verkleidet; die Zinkblechtafeln müffen forgfältig an einander gelöthet werden. (Vergl. die Wafferverforgung einer Villa auf S. 456 und die beigefügte Tafel.)

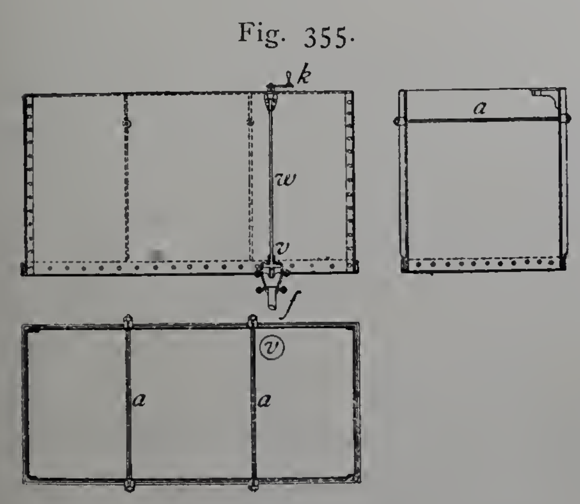
Fig. 354.



Vertheilungsbehälter mit Umlauf.

Gufseiferne Behälter werden häufig in prismatifcher Form (mit rechteckigem Grundrifs, Fig. 355) ausgeführt; man findet jedoch auch gröfsere gufseiferne Wafferbehälter in runder Form aus Muffenringen oder verflanfchten Segmentftücken hergeftellt. Sie find zwar fchwerer, als fchmiedeeiferne Behälter von gleichem Faffungsraume, leiden aber weniger durch den Roft.

Fig. 355.



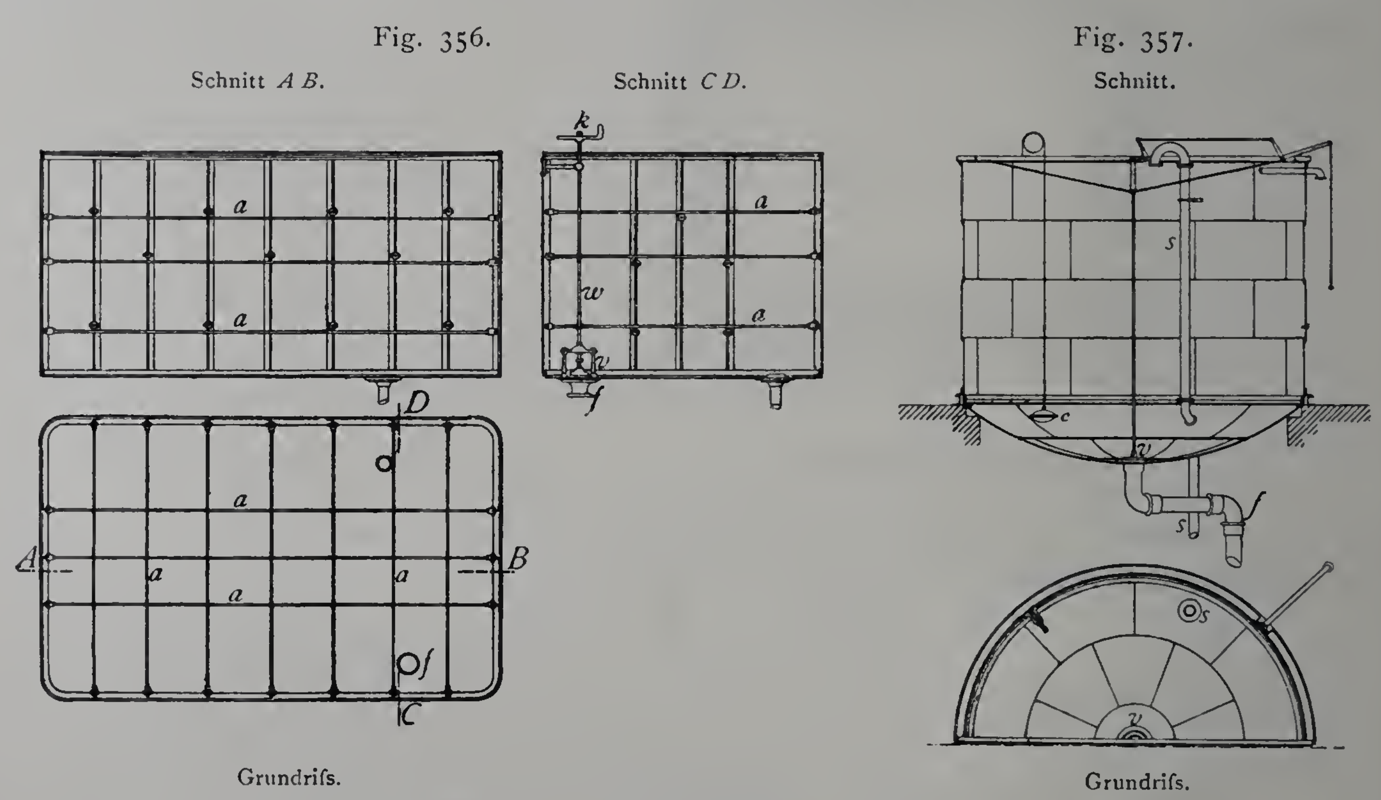
Gufseiferner Vertheilungsbehälter. — $^1/_{100}$ w. Gr.

Prismatifche gufseiferne Behälter werden aus einzelnen Platten (aus Herdgufs) von 8 bis 15 mm Stärke zufammengefügt; die letzteren find mit angegoffenen Flanfchen verfehen, mit Hilfe deren fie zufammengefchraubt werden. Schmiedeeiferne Ankerftangen *a*, *a* (von 10 bis 20 mm Dicke) halten je zwei gegenüber liegende Wände zufammen. Die

erforderliche Wafferdichtheit wird durch Gummi- oder fonftige Einlagen, die zwifchen die Flanfche gebracht werden, oder durch Eifenkitt erzielt.

Schmiedeeiferne Behälter, die in den Dachgefchoffen der betreffenden Gebäude aufgeftellt werden, erhalten in der Regel die gleiche Form, wie die gufseifernen (Fig. 356); die in befonderen thurmartigen Bauten untergebrachten Wafferbehälter bekommen entweder diefelbe Geftalt oder fie werden cylindrifch geformt (Fig. 357). Die letzteren find unter fonft gleichen Verhältniffen vorzuziehen, wei fie bei zweckmäfsig gewählter Höhe eine geringere Mantelfläche haben und mit geringerer Wandftärke hergeftellt werden können, fonach billiger zu ftehen kommen, wie prismatifche Behälter. Cylindrifche Behälter erhalten entweder, wie die prismatifchen, ebene Böden oder, wenn fie blofs an ihrem Umfange unterftützt werden follen, fphärifche (Fig. 357), bezw. conifche Böden.

Schmiedeeiferne Behälter werden aus einzelnen Blechtafeln (nach Art der Keffelnietungen) zufammengenietet. Bei den üblichen Waffertiefen von 1 bis 3 m genügt eine Blechdicke von 3 bis 6 mm;



Schmiedeeiferne Vertheilungsbehälter. — $^1/_{100}$ w. Gr.

fie kann oben geringer wie unten gewählt werden. Die Seitenwände prismatifcher Behälter werden durch **L**- und **T**-Eifen abgefteift und durch Ankerftangen *a* (Fig. 356) zufammengehalten. Die Wafferdichtheit wird in der Regel fchon durch die Nietung allein erzielt; doch empfiehlt es fich, die genieteten Fugen zu verftemmen.

Schmiedeeiferne, wie gufseiferne Wafferbehälter find mit einem guten Anftrich zu verfehen, der auch häufig zu erneuern ift; bei fchmiedeeifernen Behältern ift dies der Gefahr des Durchroftens wegen von befonderer Wichtigkeit, wefshalb man für kleinere Behälter auch verzinkte Eifenbleche in Anwendung bringt.

Wird ein Vertheilungsbehälter in einem befonderen Bau untergebracht, fo befteht der Unterbau entweder aus einem geeigneten Balkengerüft, oder er wird als allfeitig durch Mauern (bezw. Fachwerkwände) abgefchloffener, prismatifch geftalteter Baukörper (bei gröfseren Abmeffungen auch Wafferthurm genannt) hergeftellt. Cylindrifche Behälter mit fphärifchem oder conifchem Boden ruhen alsdann nur auf den Umfaffungsmauern auf. Behälter mit ebenen Böden müffen durch kräftige Balkenlagen geftützt werden; häufig find die das Dachgefchofs tragenden hölzernen Deckenbalken hierzu nicht ftark genug und werden nicht felten durch eiferne **I**-Träger er-

fetzt. Befonderer Werth ift darauf zu legen, dafs Boden und Seitenwände der Waffer-behälter leicht zugänglich find; ihre Anordnung in Ecken ift defshalb zu vermeiden. Sie follen möglichft frei ftehen.

Auch bei eifernen Behältern müffen Einlauf-, Ablauf-, Ueberlauf- und Entleerungsleitungen vorhanden fein. Die Einlaufröhre mündet oft feitlich ein; bisweilen (*s* in Fig. 357) durchfetzt fie jedoch auch den Boden des Behälters. Findet die mechanifche Hebung des Waffers im Gebäude felbft ftatt, fo ift die Einlaufröhre mit der von der Wafferhebemafchine emporführenden Druck- oder Steigröhre identifch. Als Abfchlufsvorrichtung verwendet man bei Behältern, die durch die ftädtifche Wafferverforgung gefpeist werden, Schwimmkugelhähne. (Vergl. Art. 425, S. 441.)

Die Ablaufleitung befteht bei einfachen Anlagen in einer einzigen Fallröhre *f* (Fig. 355 bis 357), welche das Waffer in die unteren Gefchoffe führt; diefelbe mündet am tiefften Punkte des Behälterbodens aus. Damit nicht zu viel von den Schmutzablagerungen in den Behälter gelange, läfft man einen Röhrenftutzen über dem Boden hervorragen und bildet denfelben als Seiherkopf aus. In gröfseren Gebäuden wird auf dem Dachgefchofs eine wagrechte Verzweigung der Ablaufleitungen erforderlich, zu welchem Ende die entfprechenden wagrechten Röhren vom Behälter nahe an deffen Boden ausgehen; auch hier find die Ausflufsöffnungen mit Sieben zu verfehen. Sämmtliche Ablaufröhren müffen durch Ventile verfchliefsbar fein; oft wählt man Niederfchraubventile (vergl. Art. 425, S. 437), die mittels Welle *w* und Kurbel oder Handrad *k* (Fig. 355 u. 356) gehandhabt werden können; doch kommen auch Kegelventile mit Hebelvorrichtung (Fig. 357) vor. Am beften ift es indefs, die Abfperrvorrichtung aufserhalb des Behälters in die betreffende Röhrenleitung einzufchalten und Niederfchraubventile allen anderen Conftructionen vorzuziehen.

Die Ueberlaufröhre bildet entweder einen felbftändigen, lothrecht abfallenden Strang oder wird mit einer entfprechenden Röhre der Entwäfferungs-Anlage vereinigt. Die Entleerungsröhre wird am beften mit der Ueberlaufröhre vereinigt; doch kann man auch eine der Fallröhren zum Entleeren des Behälters benutzen. Der Schwimmer *c* in Fig. 357 dient dazu, um von aufsen erkennen zu können, wie hoch das Waffer im Behälter fteht.

Zur Winterszeit ift das Waffer in den Behältern dem Einfrieren ausgefetzt; die Bildung einer dünnen Eisdecke fchadet nicht, da unter diefer noch Waffer zu- und abfliefsen kann. Bedeckung und gute Umhüllung der Behälter mit fchlechten Wärmeleitern fchützen felbft in Gegenden mit rauhem Klima, wenn ein häufigerer Waffer-Zu- und -Abflufs ftattfindet. Ueber die offenen Behälter in den Dachgefchoffen fetzt man Deckel, die nicht nur die Kälte, fondern auch Staub und Infecten abhalten. Frei ftehende Wafferbehälter werden in der Regel überdacht und wohl auch allfeitig von leichten Wänden umgeben. Man hat wohl auch in dem Raume, in dem der Wafferbehälter untergebracht ift, Heizvorrichtungen angeordnet.

Beifpiele. α) Für die neue Wafferverforgung des fürftlichen Refidenzfchloffes zu Sigmaringen war der Vertheilungsbehälter in folcher Höhe anzubringen, dafs man bei Feuersgefahr einen grofsen Theil der Dächer (der höchfte Dachfirft liegt 62,5 m über dem Donau-Wafferfpiegel) beherrfchen kann. Aus diefem Grunde und mit Rückficht auf eine zweckmäfsige Waffervertheilung überhaupt wurde der in der Mitte des ganzen Gebäude-Complexes gelegene fog. Römerthurm zur Aufftellung des Behälters gewählt; auf deffen viereckigem Unterbau erhebt fich ein achteckiger Aufbau, der um 4,4 m erhöht und durch einen neuen achteckigen, 10,5 m hohen Helm, der entfprechend, mit der Umgebung ftimmend, architektonifch ausgebildet wurde, abgefchloffen. Der höchfte Wafferfpiegel des in diefem Thurme untergebrachten Vertheilungsbehälters liegt in einer Höhe von 55,93 m über dem Wafferfpiegel der herrfchaftlichen Quelle, der das Waffer entnommen wird, und 61,97 m über dem Donau-Spiegel.

Der Wafferbedarf beträgt in einem Tage 160 cbm oder 1,85 l in der Secunde; da die Quelle 49,35 Secundenliter liefert, fo wird der Ueberfchufs zum Betriebe der Wafferfäulenmafchine verwendet, die das Waffer in den Wafferbehälter hebt. Der letztere ift cylindrifch geftaltet, hat 3,5 m Durchmeffer und 6,0 m Höhe; von den 6 Blechringen der cylindrifchen Wandung haben die beiden unteren 6, die beiden mittleren 5 und die beiden oberen 4 mm Dicke. Der Behälter ruht auf einer Balkenlage von 9 Stück 176 mm hohen I-Trägern, welche ihrerfeits durch 2 Unterzüge (Zwillings-I-Träger von 396 mm Höhe) geftützt werden; im gefüllten Zuftande fafft derfelbe 550 hl Waffer. Der achteckige Oberbau des Römerthurmes hat eine lichte Weite von 5,1 m. Sämmtliche Aufsenflächen des Behälters haben zum Schutze gegen Temperatur-Einflüffe eine doppelte Ummantelung aus Brettern mit Deckleiften erhalten, deren Zwifchenraum mit Thierhaaren ausgeftopft ift. Bei fehr ftrenger Kälte wird ein am Fufse des Thurmes aufgeftellter Waffer-Heizofen in Thätigkeit gefetzt [287]).

---

[287]) Nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1877, S. 35.

β) Die Irren-Anftalt bei Düren befitzt einen Wafferthurm, worin 5 fchmiedeeiferne Behälter, und zwar 2 im V. Obergefchofs mit einem Inhalt von je 22 cbm und 3 im IV. Obergefchofs von je 3,6 cbm Faffungsraum. Den beiden im V. Obergefchofs gelegenen Behältern wird durch eine Dampfmafchine mit Pumpwerk Brunnenwaffer zugeführt; fie dienen zur Speifung der Wafferverforgungs-Einrichtungen in allen zur Anftalt gehörigen Gebäuden, das Wirthfchaftsgebäude und die Koch-Anftalt ausgenommen.

Von den im IV. Obergefchofs des Wafferthurmes aufgeftellten Wafferbehältern dient je einer als Brunnenwafferbehälter für die Koch-Anftalt und für die Wafch-Anftalt und einer für letztere als Regenwafferbehälter. Diefer wird mittels einer befonderen, im Mafchinenraume aufgeftellten Dampfpumpe gefüllt; letztere faugt aus einer neben dem Mafchinenraume liegenden unterirdifchen Cifterne von ca. 260 cbm Faffungsraum das Waffer empor [288]).

Ift für ein Gebäude oder einen Gebäudecomplex, z. B. für Bahnhofanlagen, Gafthöfe, Fabriken u. dergl. Waffer unter hohem Drucke erforderlich und ein Wafferbehälter in entfprechender Höhenlage in der Herftellung zu koftfpielig, fo wird die höhere Preffung mit Hilfe von Windkeffeln oder Accumulatoren bewirkt. In den Windkeffeln wird eine gröfsere Menge Luft zufammengedrückt und dadurch eine Preffung P für 1 qm erzeugt, welche auf das abfliefsende Waffer wirkt, wie wenn ein Behälter von der Wafferhöhe $\frac{P}{\gamma}$ vorhanden wäre, wenn γ das Gewicht der Raumeinheit Waffer bezeichnet. Bei den Accumulatoren erfetzt der Druck eines mit Gewichten belafteten Kolbens den Wafferbehälter, bezw. den Wafferdruck deffelben.

414.
Anfchlufsleitungen an ftädtifche Röhrennetze.

Die Abzweigung der Hauszuleitungen von ftädtifchen Röhrennetzen gefchieht in der Regel entweder durch Benutzung eines für diefen Zweck vorgefehenen Anfatzes an der Strafsenröhre oder durch Anbohren der letzteren. Für die Lichtweite der Zuleitung gilt das in Art. 408 (S. 398) Gefagte; man beftimmt übrigens diefe Lichtweite auch nach der Anzahl der Zapfftellen. Da diefe letzteren verfchiedene Kaliber haben, legt man das kleinfte Kaliber von 13 mm Weite zu Grunde; gröfsere Kaliber entfprechen dann mehreren Zapfftellen.

Im Allgemeinen follte die Weite einer Zuleitung nicht weniger als 25 mm betragen; eine folche vermag bei 30 bis 40 m Wafferdruck in der Strafsenleitung noch ca. 10 bis 20 Zapfftellen reichlich zu verforgen. Man rechnet ferner:

auf 20 bis 40 Zapfftellen eine Zuleitungsröhre von 30 mm Lichtweite,
» 40 bis 60 » » » » 40 » »
» 60 und mehr » » » » 50 » »

Für Gewerbewaffer und für Hydranten etc. ift die Lichtweite der Zuleitungsröhre vorkommendenfalls gröfser als 50 mm zu wählen und rechnungmäfsig feft zu fetzen.

415.
Material der Röhren.

Die Zuleitungen werden aus Röhren von Gufseifen, von Schmiedeeifen und von Blei, bezw. Zinn mit Bleimantel hergeftellt, und es find die Anfichten bewährter Fachmänner über das zweckmäfsigfte Material noch aus einander gehend. Als das geeignetfte Material betrachten wir das Gufseifen, und da in den befferen Giefsereien Röhren von 25 mm ab aufwärts [289]) in fchöner Ausführung erhältlich find, follte unferes Erachtens von der Strafse bis in das Haus keine andere Zuleitungsröhre in Verwendung kommen, wenn nicht ganz befondere Umftände, z. B. Moorboden, Salzgehalt im Boden u. f. w. dagegen fprechen.

Die zur Verwendung kommenden gufseifernen Röhren find innen und aufsen gut zu afphaltiren, um die Bildung und das Anhaften von Roft in der Leitung fo viel als möglich zu verhüten. Die Verbindung der einzelnen Röhren erfolgt entweder durch Flanfche und zwifchengelegte Blei- oder Gummi-

[288]) Nach: Rohrleger 1879, S. 84.

[289]) Vergl. die Normal-Tabelle für gufseiferne Flanfche und Schieber, Ventile, Hähne und Muffenröhren in Theil I, Band 1, erfte Hälfte (Abth. I, Abfchn. 1, Kap. 6, unter b) diefes »Handbuches«.

dichtungen, welch letztere zur befferen Widerftandsfähigkeit mehrfache Hanfeinlagen erhalten, oder durch Muffen mit Bleidichtung. Zur Dichtung diefer Muffen dient als unterfte Lage eine Schicht mit Leinöl getränkten Hanfgarns, hierauf als zweite Lage eine Schicht reinen getheerten Hanfgarns, während der obere Theil der Muffe durch einen eingegoffenen und gut mit Meifseln verftemmten Bleiring ausgefüllt wird.

Schmiedeeiferne Röhren in der Befchaffenheit, wie fie zu Gasleitungen Verwendung finden [290]), find für Wafferleitungszwecke nicht zu empfehlen, in manchen Städten fogar verboten. Diefelben find, vornehmlich bei weichem Waffer, ungemein der Oxydation unterworfen und werden vom Rofte nach kurzer Dauer zerftört und dadurch unbrauchbar. Aufserdem veranlaffen fie durch ihre Oxydation eine Gelbfärbung des Waffers, welche deffen Verwendbarkeit fehr beeinträchtigt. Man hat diefen Uebelftand dadurch zu verhindern gefucht, dafs man die Röhren innen und aufsen mit einem Ueberzuge von Zinn verfah. Die Herftellung diefer alle Theile der Röhren gleichmäfsig bedeckenden Zinnfchicht ift aber technifch aufserordentlich fchwierig, und es ift daher kaum zu vermeiden, dafs einzelne Stellen der Röhren unbedeckt bleiben. Diefe Stellen find erfahrungsgemäfs einer viel ftärkeren Oxydation, als unverzinnte Röhren, unterworfen; es wirkt fonach der Ueberzug in diefem Falle mehr fchädlich, als nützlich. Eben fo wenig und aus denfelben Gründen find die mit Zinküberzug verfehenen fog. galvanifirten fchmiedeeifernen Röhren empfehlenswerth [291]).

Eine ausgedehnte Anwendung hingegen finden die Bleiröhren. Die grofse Biegfamkeit des Materials, welche geftattet, fich allen Verhältniffen ohne Façonftücke leicht anzupaffen, die leichte Verbindungsfähigkeit der Röhren unter fich und mit den fonftigen Vorrichtungen machen diefes Material zu dem unentbehrlichften für Hausleitungs-Einrichtungen.

Auch gegen diefes Material find vielfach Bedenken erhoben worden, und zwar diefes Mal von ärztlicher Seite, indem befürchtet wurde, dafs das Blei fich im Waffer auflöfe und hierdurch der Gefundheit fchädlich werde. Zahlreiche Beobachtungen haben diefe Thatfache beftätigt, andere hingegen widerlegt, ohne dafs man bis jetzt im Stande gewefen wäre, die eigentlichen Gründe für beide Erfcheinungen mit Sicherheit anzugeben. Im Allgemeinen hat fich herausgeftellt, dafs weiches, luftreiches Waffer die Löfung des Bleies begünftigt, während härteres, an Bicarbonaten und Sulfaten reicheres Waffer nach kurzer Zeit bewirkt, dafs fich auf der inneren Wandfläche der Röhre eine fchwache fchützende Lage von Blei- und Calcium-Carbonat niederfchlägt, welche jede weitere Löfung des Bleies verhindert [292]). Aus diefen Gründen ift es in einigen Städten durch die Behörden verboten, für Leitungen, denen Waffer zu Genufszwecken entnommen werden foll, Bleiröhren zu verwenden, in anderen Städten jedoch auf Grund der chemifchen Befchaffenheit des Waffers geftattet, Bleiröhren für alle Zwecke zur Anwendung zu bringen. Selbft für den Fall, dafs eine geringe Löfung von Blei ftattfände, liefse fich die Gefahr dadurch leicht umgehen, dafs man nach einer Entleerung der Leitung oder nach längerem Stehenbleiben des Waffers in derfelben die zuerft ausfliefsenden Waffermengen unbenutzt ablaufen läfft und das Waffer erft dann benutzt, wenn man überzeugt ift, dafs die Leitung vollftändig mit frifch zugetretenem Waffer gefüllt ift.

Um fich gegen die Gefahr der Bleivergiftung zu fchützen, hat man mehrfach das Innere der Röhren mit einem Ueberzuge von Sulfat verfehen. Diefer Ueberzug hat fich jedoch nicht als dauernd erwiefen und ift nach kurzer Zeit verfchwunden [293]).

Von den Erfatzmitteln, welche an Stelle der Bleiröhren getreten find, verdienen die in neuefter Zeit in Gebrauch gekommenen Zinnröhren mit Bleimantel, kurzweg Mantelröhren genannt, Beachtung. Diefe Röhren vereinigen in fich die guten Eigenfchaften des Zinnes, die Befchaffenheit des Waffers nicht zu fchädigen, mit der leichten Behandlungsfähigkeit des Bleies beim Verlegen.

Die Mantelröhren zeigen in ihrem Querfchnitte einen Zinnring von 0,5 mm Stärke, welcher fich vom Blei durch feine weifse Farbe deutlich abzeichnet.

---

290) Ueber die Abmeffungen folcher Röhren fiehe an der eben angezogenen Stelle diefes »Handbuches«.

291) Siehe auch: Verzinkte Eifenrohre. Gefundh.-Ing. 1884, S. 67.
Cluss, A. Noch einmal verzinkte Eifenröhren. Gefundh.-Ing. 1884, S. 191.
Erfahrungen und Verfuche über die Verwendung von verzinkten Eifenrohren für Wafferleitungen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1887, S. 61.

292) Siehe: Hamon, A. *Étude fur les eaux potables et le plomb.* Paris 1881 — und Reichardt's Referat über diefe Schrift in: Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1885, S. 565 — ferner:
Pullmann. Zur Frage der Verunreinigung des Waffers durch bleierne Leitungsröhren. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1887, S. 255.
Richter. Die Bleierkrankungen durch Leitungswaffer in Deffau im Jahre 1886. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1887, S. 442.

293) Siehe auch: Ueber die Urfachen der Löfung von Blei im Waffer und die Befeitigung derfelben. Deutfche Bauz. 1889, S. 31, 42.

Bleiröhren und Zinnröhren mit Bleimantel würden in ihrer äufseren Erfcheinung nicht zu unterfcheiden fein, wenn die letzteren nicht dadurch gekennzeichnet würden, dafs fie äufserlich eine Anzahl fchwach rippenförmiger Erhöhungen enthalten, welche bei der Fabrikation als Erkennungszeichen mit erzeugt werden; die Bleiröhren hingegen find an ihrer Aufsenwandung vollftändig glatt.

Die Fabrikation der Mantelröhren befteht feit dem Jahre 1867; fie mufs daher als noch ziemlich neu bezeichnet werden. Die Neuheit und Schwierigkeit der Anfertigung waren Anfangs Urfache, dafs die Röhren den zu ftellenden Anforderungen fowohl in Bezug auf die innige Verbindung des Bleies mit dem Zinn, als auch bezüglich der allfeitig gleichmäfsigen Wandftärke nicht genügten. Andererfeits aber glaubte man durch die Anwendung des gegenüber dem Blei viel härteren Zinnes in den Wandftärken bedeutend zurückgehen zu dürfen, um bezüglich des Preifes mit den einfachen Bleiröhren concurriren zu können. Durch diefe Verminderung der Wandftärken trat aber die Ungleichmäfsigkeit derfelben in ungleich höherem Grade auf, und es hat diefelbe an vielen Orten das Platzen folcher Röhrenleitungen zur Urfache gehabt. Hierdurch hatte das an fich vortreffliche Material anfänglich etwas von feinem guten Rufe eingebüfst. Gegenwärtig ift man aber zu der Anficht gekommen, dem Zinn eine gröfsere Haltbarkeit, als dem Blei nicht zuzufprechen, fondern daffelbe lediglich als ein Schutzmittel gegen die Einwirkung des Waffers auf Blei zu betrachten. Man verwendet daher gegenwärtig Mantelröhren mit derfelben Wandftärke, wie fie die gewöhnlichen Bleiröhren haben. Die Koften derfelben find dem zufolge auch entfprechend höhere geworden.

So viele Vortheile die Bleiröhren, wie die Mantelröhren haben, fo befitzen beide auch ihre Nachtheile. Diefelben haben zumeift ihren Grund in der Weichheit des Materials in fo fern, als daffelbe äufseren mechanifchen Einwirkungen weniger Widerftand entgegenfetzt, als andere Materialien. Ja es ift wiederholt vorgekommen, dafs Ratten Bleiröhren vollftändig durchgefreffen haben. Ferner ift zu beachten, dafs das Erdreich, durch welches die Leitung gelegt werden foll, nicht aufsergewöhnlich kalkhaltig fei. Kalk in Begleitung von Feuchtigkeit greift Blei fehr kräftig an und würde daffelbe in kürzefter Zeit vollftändig zerftören [294]).

Beide Röhrenforten werden bezüglich ihrer Wandftärke nach dem Gewichte für das laufende Meter angegeben. Diefe Gewichte werden je nach dem in der Leitung herrfchenden Drucke fehr verfchieden fein können. Die Erfahrungen mit diefen Materialien beim Wafferwerke der Stadt Dresden haben, unter Vorausfetzung eines Leitungsdruckes von 5 Atmofphären, zu folgenden Gewichten für die Längeneinheit geführt:

	lichter Durchmeffer:	10	13	16	20	25	30	Millim.
Gewicht für 1 m	Bleiröhre:	1,5	2,0	2,5	4,0	5,5	7,0	Kilogr.
	Mantelröhre:	2,0	3,0	3,5	4,5	5,5	7,0	» [295]).

416. Anordnung der Abzweigungen u. f. w.

Die Abzweigung mittels Anbohren der Strafsenleitung wird in der Regel nur für die am häufigften angewendeten Lichtweiten der Zuleitung von 25 und 30 mm angewendet. Fig. 358 zeigt eine Anordnung, bei welcher die Zweigröhre mittels Rohrfchelle an die Strafsenröhre angedichtet und unmittelbar hinter der Dichtung das ftädtifche Abfperrventil eingefchaltet ift. Daffelbe kommt hier in die Fahrbahn der Strafse zu liegen, während in Fig. 359 die Anordnung fo getroffen ift, dafs das ftädtifche Abfperrventil im Bürgerfteig liegt.

Fig. 360 zeigt die zur Abdichtung und Befeftigung der Ableitung erforderliche Rohrfchelle in gröfserem Mafsftabe, während Fig. 361 dasjenige Verbindungsftück, Sauger genannt, darftellt, mittels deffen man früher, ehe Rohrfchellen angewendet wurden, die Verfchraubung unmittelbar in die Röhrenwand oder, bei dünnwandigeren Röhren, in ein denfelben angegoffenes Auge eindrehte. Fig. 362 zeigt das Abfperr-

[294]) Siehe: ROSSEL, A. Ueber die Einwirkung verfchiedener Subftanzen und Baumaterialien auf Bleiröhren. Schweiz. Gwbbl. 1880, S. 58.
Die Zerftörung von Bleiröhren durch Cementmörtel. Gefundh.-Ing. 1885, S. 607.

[295]) Ueber die verfchiedenen in Anwendung kommenden Röhrenarten fiehe auch:
Étude comparative des tuyaux de diftribution des eaux. Revue gén. de l'arch. 1862, S. 101.
Glasgefütterte Eifenröhren. Deutfche Bauz. 1873, S. 412.
Les tuyaux de plomb. Gaz. des arch. et du bât. 1873, S. 180.
Tuyaux en plomb doublés d'étain fyftème Hamon. Revue gén. de l'arch. 1873, S. 104, 134.
Material und Dimenfionen von Privatleitungsröhren. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1886, S. 602.



Fig. 358.

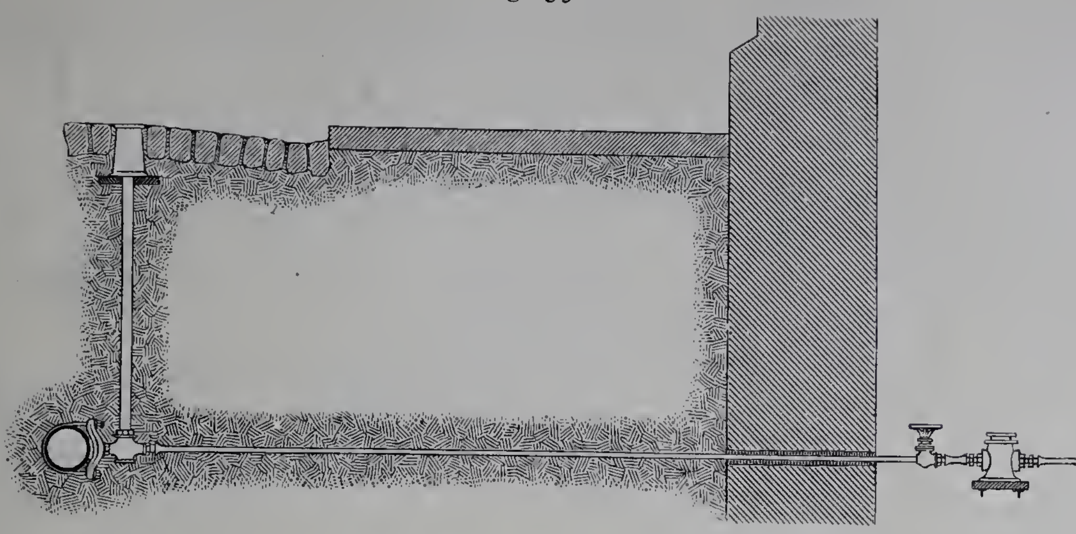
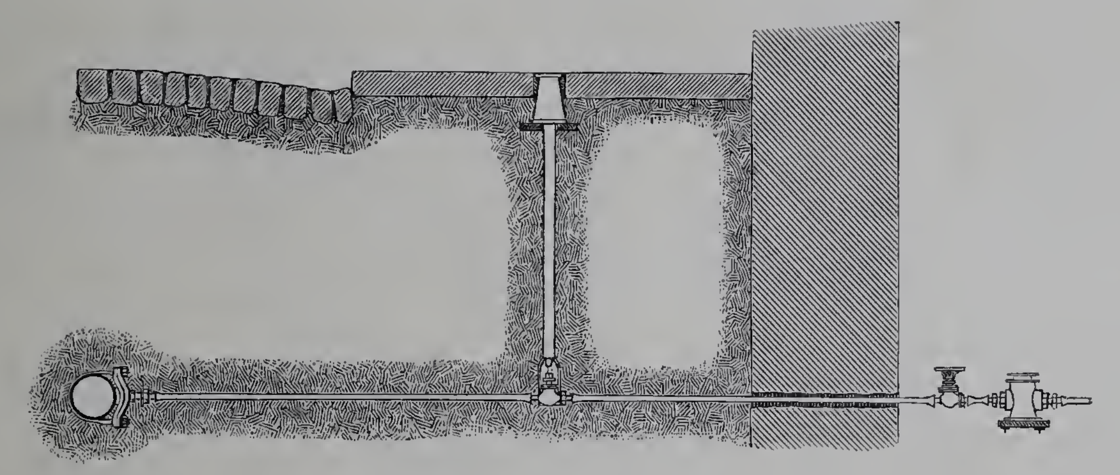


Fig. 359.



Abzweigungen von der Straſsenleitung. — $^1/_{50}$ w. Gr.

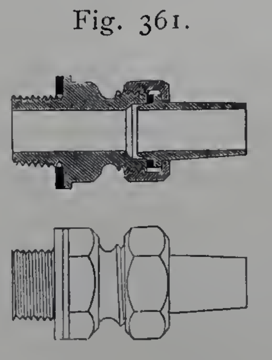
ventil in Form eines Kegelhahnes; ſtatt deſſen verwendet man in der neueren Zeit vielfach kleine Schieber. Ueber dem Schieber, bezw. Hahn, ſteht die Schutzröhre für die unter die Straſsenkappe (Fig. 363) aufſteigende Schlüſſelſtange, durch welche der Schieber oder der Straſsenhahn geöffnet oder geſchloſſen wird. Manchmal findet man auch beſondere Schächte zum Abſperrventil angeordnet.

Nach dem Eintritte der Zuleitungsröhre in das Grundſtück iſt ein dem Waſſerabnehmer zugängliches Abſchluſsventil angeordnet. Dient das letztere, wie meiſtens der Fall, gleichzeitig zum Entleeren der Hausleitung, ſo befindet ſich der Waſſermeſſer nicht, wie in Fig. 358 u. 359 angedeutet, hinter, ſondern vor demſelben, da anderenfalls die Gefahr beſteht, daſs der Zuleitung Waſſer mittels Schlauch entnommen werden kann, welches den Waſſermeſſer nicht durchläuft.

Fig. 360.

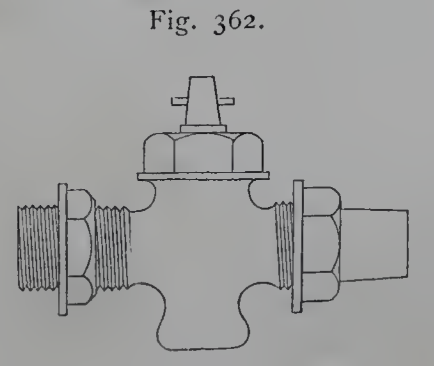
Rohrſchelle. — $^1/_{10}$ w. Gr.

Fig. 361.



Sauger. — $^1/_5$ w. Gr.

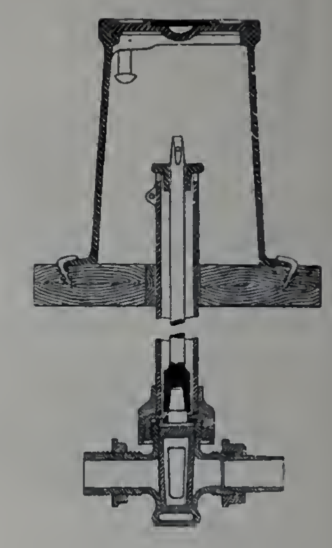
Fig. 362.

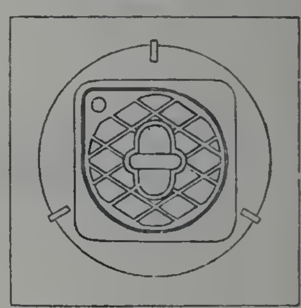


Straſsenhahn. — $^1/_5$ w. Gr.

Angefichts des Umftandes, dafs das ftädtifche Ventil felten gebraucht wird und dafs die Wafferwerks-Verwaltung fich vorbehalten kann, die Abfperrung der Leitung im Privatgrundftücke felbft zu vollziehen, wird das erftere auch häufig weggelaffen, was einer nicht unbedeutenden Erfparnifs gleich kommt.

Fig. 363.





Strafsenhahn mit Kappe.
$^1/_{10}$ w. Gr.

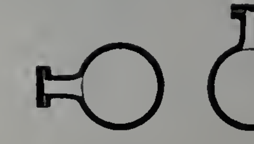
Anzufügen ift noch, dafs bei neueren Wafferverforgungen[296]) die Abzweigung nicht feitlich der Strafsenröhre, fondern nach oben gehend angeordnet wird, damit fämmtliche Privatleitungen zufammen eine gründliche Entlüftung des Strafsenröhrennetzes verfehen. Das Strafsenröhrennetz liegt in diefem Falle etwas tiefer und die Zuleitung erhält nach ihrem Ausgange von demfelben ein kurzes Bogenftück (Fig. 364).

An der dargeftellten allgemeinen Anordnung wird nichts geändert, wenn ftatt eines Anbohrens der Strafsenleitung, welche unter Druck ohne vorhergegangene Entleerung deffelben erfolgen kann, die Abzweigung unter Benutzung eines in der Strafsenröhre eingefchalteten befonderen Stutzens gefchieht. Vor der Benutzung ift der Stutzen durch einen Blindflanfchdeckel gefchloffen; nach Wegnahme deffelben, bei welcher die Strafsenröhre entleert werden mufs, erfolgt der Anfchlufs mittels Flanfchröhre, und es wird derfelbe bei Verwendung gufseiferner Röhren fehr einfach (Fig. 365).

Fig. 364.



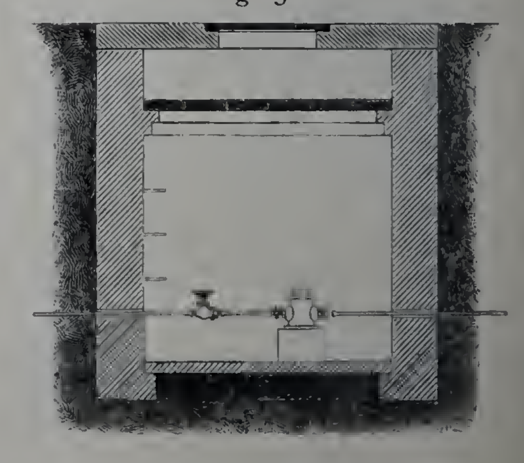
Fig. 365.

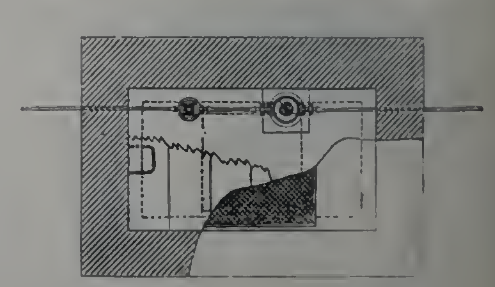


Mufs die Aufftellung des Privat-Hauptventils und des Waffermeffers aufserhalb der Gebäude erfolgen, fo werden beide Apparate in einem gemauerten, mit einer Eifenplatte oder einem Bohlenbelag abzudeckenden Schachte aufgeftellt, wie derfelbe in Fig. 366 veranfchaulicht ift. Der Schacht erhält einen Zwifchenboden, um durch Einbringen eines fchlechten Wärmeleiters im Winter das Einfrieren des Waffers in der Leitung zu verhindern.

Bei der fehr einheitlich durchgeführten Wafferverforgung in Württemberg erfolgen die Zuleitungen zu den Häufern von Strafsenfchächten (in der Regel von Hydranten-Schächten) aus. In einem derartigen Schachte werden meiftens 4 bis 6 Abzweigungen nebft den zugehörigen Haupt-Abfperrventilen an einem Façon-Stück angeordnet; überdies wird der Schacht auch zur Aufftellung von Hydranten etc. benutzt. Diefe Anordnung hat den Vortheil, dafs man bequem zu den Abfperrventilen gelangen kann; dagegen werden die Zuleitungen zu den Häufern unverhältnifsmäfsig lang und theuer.

Fig. 366.





Privat-Hauptventil und Waffermeffer.
$^1/_{50}$ w. Gr.

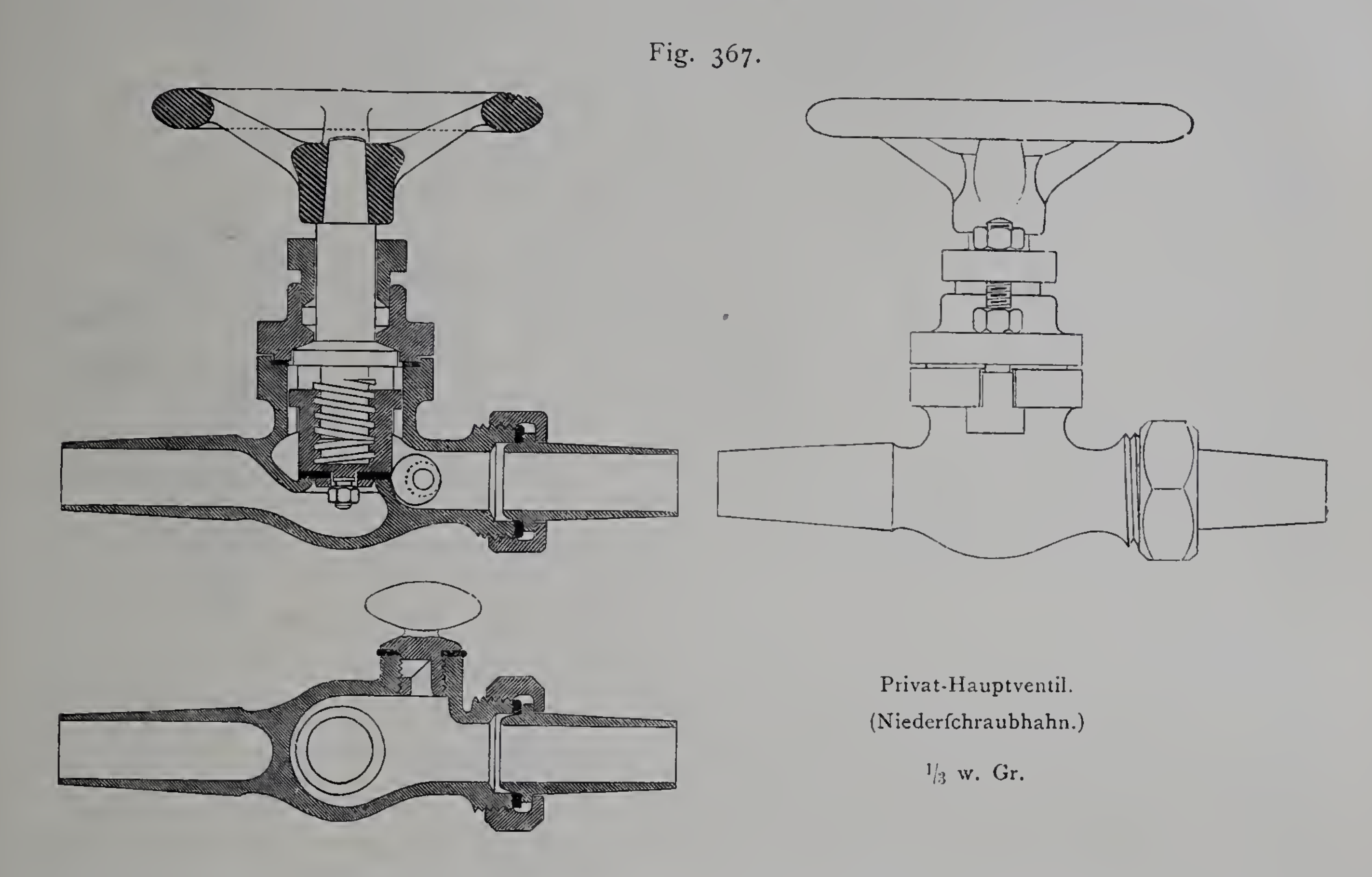
Gegenüber der Entnahme von Stutzen aus hat das Anbohren der Röhren den Vorzug, dafs man die Abzweigungsftelle an jeden beliebigen Ort zunächft dem Punkte, an welcher die Zuleitung in das zu verforgende Grundftück eingeführt werden foll, verlegen kann. Die Stutzen können dagegen wäh-

[296]) Siehe: LUEGER, O. Die Wafferverforgung der Stadt Lahr. Lahr 1884. S. 36.

rend des Röhrenlegens nur annähernd an den ſpäter geeignet ſcheinenden Platz für die Abzweigung gebracht werden; die Zuleitungen werden deſshalb häufig etwas länger. Die letztere Anordnung iſt indeſſen ſolider und deſshalb in der neueren Zeit faſt ausſchlieſslich im Gebrauche.

Hinſichtlich der Conſtruction der Abſperrvorrichtungen iſt zu bemerken, daſs Hähne, ſobald ſie längere Zeit im Gebrauche waren, ſich ſchwer drehen laſſen und

Fig. 367.



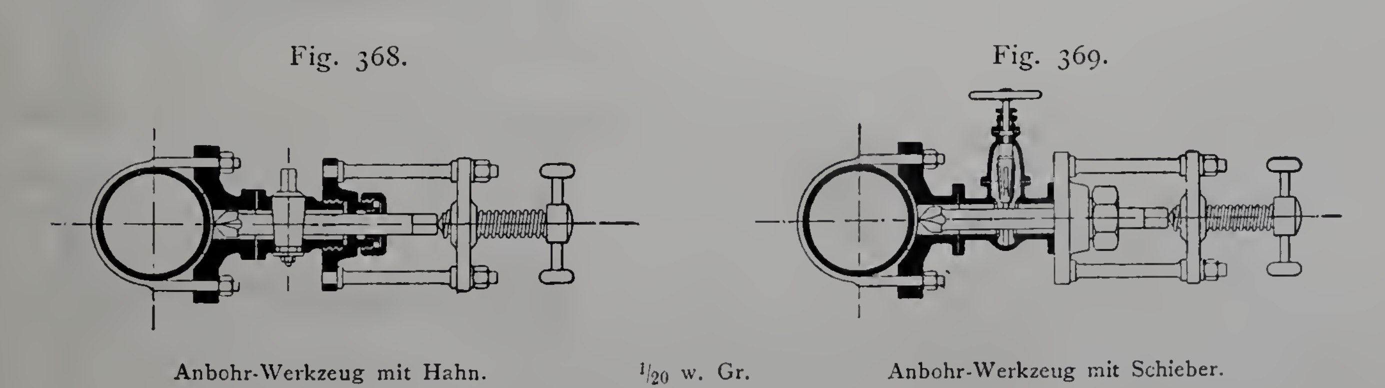
Privat-Hauptventil.
(Niederſchraubhahn.)
$^1/_3$ w. Gr.

undicht werden. Sie werden deſshalb meiſt durch Ventile, wie dieſelben in Fig. 367 dargeſtellt ſind, oder durch Schieber erſetzt.

Es iſt auch bei Anbohrungen unter Druck keineswegs unvermeidlich, Kegelhähne anzuwenden; das Anbohren kann vielmehr eben ſo wohl unter Anwendung eines Schiebers vollzogen werden.

In Fig. 368 iſt eine Anbohrung unter Druck mit guſseiſerner Rohrſchelle, Kegelhahn und Cylinderbohrer, in Fig. 369 eine ſolche unter Druck mit guſseiſerner

Fig. 368. Fig. 369.



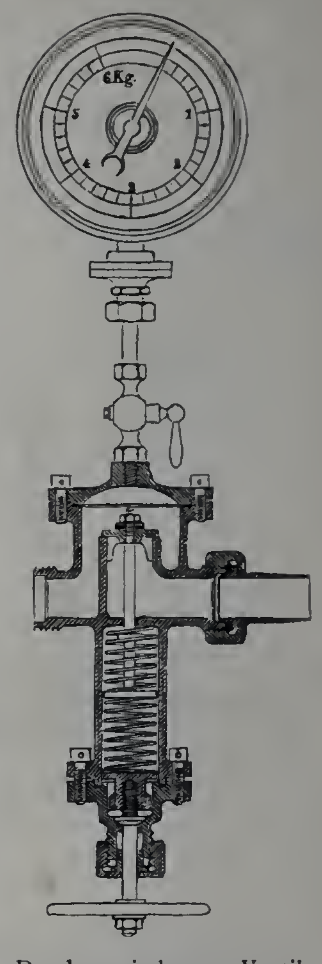
Anbohr-Werkzeug mit Hahn. $^1/_{20}$ w. Gr. Anbohr-Werkzeug mit Schieber.

Rohrſchelle, Schieber und Cylinderbohrer dargeſtellt. Iſt die Röhre durchgebohrt, ſo wird der Bohrer bis hinter den Verſchluſs zurückgezogen und ſodann der Hahn oder Schieber zugedreht; nach dieſer Manipulation kann die Wegnahme des Bohrgeräthes und der Leitungsanſchluſs erfolgen.

417.
Einrichtungen zur Druckverminderung.

Es kann ausnahmsweife vorkommen, dafs man auf eine Hausleitung oder einen Theil derfelben nicht den vollen Druck der Strafsenleitung einwirken laffen möchte. In diefem Falle pflegt man Druckverminderungs-(Druck-Reductions-)Ventile, wie in Fig. 370 u. 371 dargeftellt, einzufchalten.

Fig. 370.



Druckverminderungs-Ventil.
1/5 w. Gr.

Bei beiden Ventilen kann die Preffung in der Privatleitung nach Belieben regulirt werden: bei Fig. 370 durch die Abfpannung der Feder mittels des Handrades, bei Fig. 371 durch Befchweren der nach aufsen gerichteten Kolbenftange. Solche Einrichtungen find jedoch fehr empfindlich, und wenn die Ventile undicht werden, kommt bei gefchloffenen Ausläufen doch der ganze Druck der Hauptleitung zur Wirkung. Unter keinen Umftänden follte man im Vertrauen auf deren Wirkfamkeit die Hauseinrichtung für leichtere Preffungen, alfo in geringerer Conftruction, herftellen.

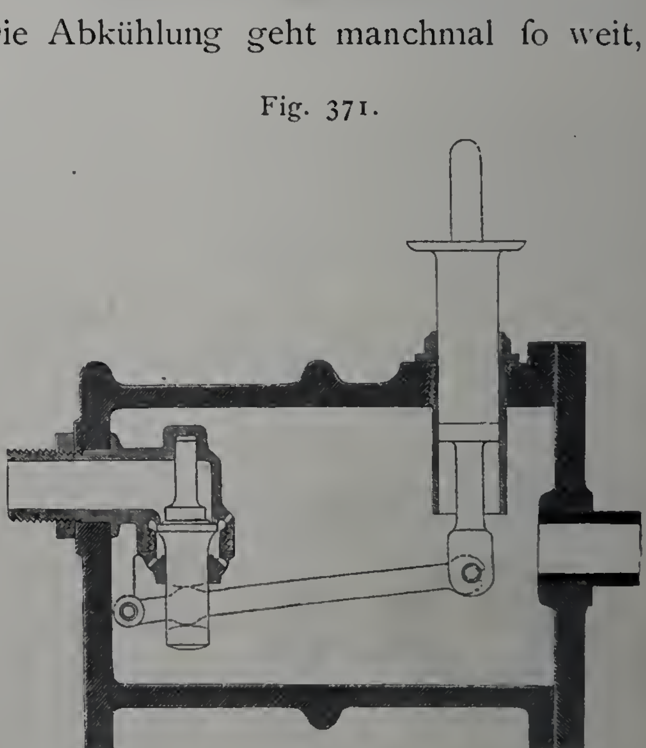
418.
Tiefenlage der Zuleitung.

Die Zuleitungen zu den Grundftücken müffen im deutfchen Klima mindeftens $1{,}2$ bis $1{,}5$ m Bodendeckung über fich haben, wenn fie vor den Einwirkungen des Froftes im Winter und der Hitze im Sommer gefchützt werden follen. Abweichungen von diefer Regel find nur dort zuläffig, wo eine ftändige Bewegung des Waffers in der Zuleitungsröhre ftattfindet, wenn z. B. ein immer laufender Brunnen (Springbrunnen etc.) oder ein fonftiger ununterbrochener Ablauf im Privatgrundftücke vorhanden ift.

419.
Anordnung der Hausleitungen; Schutz gegen Froft u. Hitze.

Die neuere Wafferverforgung leidet gegenüber der früher üblichen Wafferentnahme aus ftändig laufenden Brunnen und Pumpbrunnen an dem Uebelftande, dafs das zum Verbrauch kommende Waffer durch das Stehenbleiben in den Röhren im Sommer zu hoch erwärmt, im Winter zu tief gekühlt wird. Die Abkühlung geht manchmal fo weit, dafs das Waffer in den Leitungen gefriert und die Leitungen zerfprengt, wodurch in den mit Waffer verforgten Gebäuden grofser Schaden angerichtet werden kann. Es ift defshalb für den Architekten von Wichtigkeit, fowohl bei der Wahl des Materials, als auch bei der Anordnung der Hausleitungen die genannten Vorkommniffe zu berückfichtigen.

Fig. 371.



Druckverminderungs-Ventil. — 1/5 w. Gr.

Die Anordnung der Hausleitung kann grundfätzlich verfchieden fein, indem man entweder:

a) fämmtliches Waffer nach einem im Dachgefchofs des Gebäudes aufgeftellten Vertheilungsbehälter und von dort aus durch Leitungen nach den einzelnen Zapfftellen vertheilt, oder

b) das Waffer unmittelbar durch Röhrenleitungen nach den Verbrauchsftellen führt.

Die erftgedachte Anordnung ift nothwendig, wenn die Wafferabgabe Seitens des Wafferwerkes keine ununterbrochene ift und nur zu beftimmten Stunden des Tages erfolgt.

Bei ſtädtiſchen Waſſerwerks-Anlagen iſt eine intermittirende Verſorgung der angeſchloſſenen Grundſtücke nicht üblich, wenigſtens in Deutſchland (mit Ausnahme von Hamburg) nicht. Beſitzt aber das Grundſtück ein eigenes Waſſerwerk mit Pumpenbetrieb, ſo wird der letztere, alſo auch die Waſſer-Zuführung, in der Regel nur während einiger Stunden des Tages erfolgen.

In dieſem Falle wird die Waſſerverſorgung von dem im Grundſtücke befindlichen unerläſslichen Waſſerbehälter aus (ſiehe Art. 413, S. 404) bewerkſtelligt und geſchieht von oben nach unten. Die Temperatur des zur Vertheilung gelangenden Waſſers hängt hier ganz weſentlich von jener der Umgebung des Behälters ab, woſelbſt zunächſt die wagrechte Verzweigung des Röhrennetzes ſtattfindet, an welche ſich die lothrechten Abfallröhren anſchlieſsen (ſiehe Art. 413, S. 405).

Bei der zweiten Anordnung, der unmittelbaren Vertheilung des von einer Waſſerverſorgung ununterbrochen und in beliebigen Mengen gelieferten Waſſers, vollzieht ſich die Verſorgung des Hauſes von unten nach oben. Die wagrechte Verzweigung des Röhrennetzes geſchieht im Keller- oder Sockelgeſchoſs; an dieſe ſchlieſsen ſich alsdann die lothrechten Steigröhren an.

Bei der unter a gedachten Verſorgungsart iſt eine Erwärmung des Waſſers im Sommer ganz unvermeidlich; es bleibt nichts übrig, als das zum Trinken beſtimmte Leitungswaſſer künſtlich abzukühlen. Eben ſo unvermeidlich iſt das Einfrieren des Waſſers im Winter, wenn nicht durch künſtliche Erwärmung die Räume, in welchen ſich Waſſerbehälter und Leitungen befinden, geſchützt oder die Leitungen entleert werden.

Bei der unter b gedachten Verſorgung kann bei ausreichender Waſſermenge, bezw. genügendem Zufluſſe in allen Röhren der Hausleitungen eine ſtändige, mehr oder weniger ſtarke Waſſerbewegung erhalten werden. Geſchieht dies, ſo werden die Leitungen im Sommer ſtets friſches Waſſer geben und im Winter nicht einfrieren. Zu dieſem Zwecke muſs aber die ganze Hauseinrichtung derart verbunden ſein, daſs ſich der Kreislauf auf jede Leitungsſtrecke ausdehnt, vielleicht mit Ausnahme der kurzen Zuleitungen zu Zapfhähnen.

Es ſind alſo genügende Erwärmung aller Räume im Winter und beſondere Kühlung des Trinkwaſſers im Sommer unter a, ununterbrochener Auslauf behuf Herſtellung eines Kreislaufes unter b die einzigen völlig ausreichenden Auskunftsmittel. Leider kommt ihre Anwendung ſtets ſehr theuer zu ſtehen, und es iſt dies in dem unter b gedachten Falle auch nicht immer möglich. Man wird ſich deſshalb beſtreben müſſen, die erwähnten Uebelſtände thunlichſt zu mildern, und hierbei ſind die folgenden Grundſätze in das Auge zu faſſen.

Leitungen auſserhalb des Hauſes ſollen, wie bereits (in Art. 418, S. 412) erwähnt, mindeſtens 1,2 bis 1,5 m Bodendeckung erhalten.

Steigröhren und Fallröhren im Hauſe ſind möglichſt lothrecht und an ſolche Stellen zu legen, von welchen aus der ſeitliche Abzweig nach der Zapfſtelle die geringſte Länge erhält. Laſſen ſich mit einer Steigröhre oder Fallröhre mehrere Zapfſtellen eines Geſchoſſes leicht verbinden, z. B. dadurch, daſs Küche und Badezimmer neben einander liegen oder durch eine kurze Röhrenverbindung eine Waſchtiſch-Einrichtung im Nebenzimmer angeſchloſſen werden kann, ſo vermindert ſich die Anzahl der lothrechten Röhrenſtränge und mithin auch die Geſahr im Betriebe.

Im Allgemeinen gilt für Wohnhäuſer, ſo wie für Gebäude, die anderen Zwecken dienen, die Regel, die wagrechte Vertheilung der Hauptröhre im Kellergeſchoſs vorzunehmen, wo dieſelbe am bequemſten auszuführen iſt und die Räumlichkeiten zugleich einen Schutz gegen das Einfrieren der Leitung bieten. Von dieſen Keller-

räumen steigen einzelne, passend gelegene Röhrenstränge an denjenigen Stellen lothrecht aufwärts, welche gestatten, dafs eine möglichst grofse Anzahl von Zapfstellen durch kurze Verbindungsröhren angeschlossen werden kann.

Längere wagrechte Röhrenleitungen in den über Tag gelegenen Geschossen suche man thunlichst zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, so lege man sie gehörig unterstützt an der Decke entlang, jedoch so, dafs man die Leitung ohne Schwierigkeiten vollständig entleeren kann. Einzelnen entfernt liegenden Zapfstellen giebt man eine besondere, von unten aufsteigende Röhre statt einer langen wagrechten Zweigleitung im oberen Geschofs.

Liegen die einzelnen Steigröhren in verschiedenen, von einander weit entfernten Theilen eines ausgedehnten Gebäudes, und ist die Röhrenleitung auf der Strafse leicht zu erreichen, so empfiehlt es sich, zur Vereinfachung des Vertheilungsnetzes zwei oder noch mehr Abzweigungen von der Strafsenleitung anzuordnen.

Feuerlöschleitungen sind von den Leitungen für den Hausbedarf zu trennen und für sich als unabhängige Leitungen mit der Strafsenleitung unmittelbar zu verbinden. Es hat dies seinen Grund in dem Umstande, dafs diese Leitungen sich nicht immer in frostfreien Räumen befinden können, sondern zumeist auf kalte Flurgänge gelegt werden müssen. Hierdurch tritt die Nothwendigkeit ein, die Leitung während des Winters zu entleeren und sie nur bei Bedarf in Betrieb zu setzen. Zweigen Leitungen für den täglichen Gebrauch von einer Feuerlöschleitung ab, so werden dieselben entweder während des Winters nicht benutzt werden können, oder man läuft Gefahr, dafs die Feuerlöschleitung einfriert und unbrauchbar wird. Einen zweiten Uebelstand bildet das längere Stehenbleiben des Wassers in solchen meist weiten Röhrenleitungen, wodurch die Güte desselben geschädigt wird.

Im Einzelnen ist noch Folgendes zu beachten.

1) Die Leitungen und Zapfstellen sollen möglichst in Räume gelegt werden, in denen ein Einfrieren des Wassers in der Leitung während des Winters nicht stattfinden kann. Die Leitungen dürfen daher weder an Stirnmauern, noch an solche Wände verlegt werden, welche der unmittelbaren Einwirkung des Frostes ausgesetzt sind. Am geeignetsten sind Kellerräume, Küchen- und Zwischenwände bewohnter Räume, niemals aber die Wände kalter Flurgänge und Treppenhäuser. Umhüllung der Röhren kann für längere Dauer als Schutz gegen Einfrieren nicht angesehen werden.

2) Leitungen, welche in einen Keller zu liegen kommen, legt man gern in den Fufsboden, und zwar, wenn möglich, in einen aus Backsteinen hergestellten und leicht abgedeckten Canal. Es hat diese Anordnung den Vortheil, dafs bei einem etwaigen Leck der Leitung an dieser Stelle eine Unterwaschung der Mauer-Fundamente nicht stattfinden, sondern das Wasser frei austreten kann.

3) Hingegen vermeide man möglichst, die Röhrenleitung unter Dielen zu legen, da dieselbe alsdann schwer zugänglich ist, leck gewordene Stellen nicht sofort bemerkt werden und daher grofsen Schaden an den darunter befindlichen Decken anrichten können.

4) Ist man genöthigt, Blei- oder Mantelröhren an der Wand hinzuführen, so genügt es nicht, die Röhren mittels einzelner Rohrhaken an der Wand zu befestigen; denn die Röhre biegt sich an den frei hängenden Stellen durch und bildet an den Befestigungen leicht Einknickungen, welche theils dem Durchflufs des Wassers hinderlich sind, theils das Entfernen des Wassers aus der Leitung erschweren und somit

Veranlaffung zum Einfrieren der Leitung geben. Man verfäume daher nicht, die Röhre in ihrer ganzen Länge auf eine an der Mauer befeftigte Holzleifte zu legen.

5) Alle Abfperr- und Entleerungsvorrichtungen follen leicht zugänglich fein, um fich derfelben im Nothfalle fchnell bedienen zu können. Eben fo müffen Feuerhähne nur an möglichft bequem gelegenen Orten angebracht und nicht, wie dies oft gefchieht, in die Ecken verfteckt werden. Unter jedem Zapfhahne foll fich ein Ausgufsbecken mit Ableitung befinden, welches die überfchüffigen Waffermengen fofort abführt. (Näheres hierüber im nächften Bande, Abfchn. 5, unter C.)

6) Wo das Legen der Leitung durch kalte Räume nicht zu umgehen ift, foll die Leitung an der Stelle, wo fie noch froftfrei liegt, eine Abftell- und Entleerungsvorrichtung erhalten.

7) Jeder Abzweig von der Hauptröhre foll durch ein Abfperrventil abgefchloffen und für fich entleert werden können; es ift daher erforderlich, dafs die Röhre eine, wenn auch fchwach fteigende Richtung und keine Biegungen erhält, in denen trotz des Oeffnens der Entleerungsvorrichtung das Waffer ftehen bleiben kann.

8) Zweigen in Räumen des Keller- oder Erdgefchoffes mehrere Leitungen zugleich von der Hauptröhre ab, fo empfiehlt es fich, die Abfperr- und Entleerungsvorrichtungen in einen kleinen gemeinfchaftlichen Schacht zu legen und denfelben durch einen Eifen- oder Holzbelag abzudecken.

9) Die lothrechten Steigröhren, die das Waffer von unten in die oberen Gefchoffe führen, bezw. die Fallröhren, die vom Dachgefchofs das Waffer nach unten leiten, legt man entweder in eine rinnenförmige Ausfparung der Wand, wie diefelbe beim Neubau eines Haufes leicht herzuftellen ift, oder unmittelbar an die Wand. Im erfteren Falle kann die Rinne auf zweierlei Weife ausgeführt fein: α) derart, dafs die Zu- und unter Umftänden auch die Ableitungsröhren in die Rinne eingelegt werden und die letztere durch ein Verkleidungsbrett von aufsen unfichtbar gemacht wird, oder β) dafs die Röhren in diefer Rinne eingelegt, hierauf aber die Rinne durch Mörtel bündig mit der Wand verputzt wird[297]). Das Letztere ift weniger empfehlenswerth.

Legt man die Röhren an die Aufsenfeite der Wand, fo erhalten diefelben zum Schutze gegen äufsere mechanifche Einflüffe eine leichte Holzumkleidung, und es ift dann zweckmäfsig, die Leitung in einer Ecke des Zimmers hoch zu führen, um diefe Umkleidung möglichft wenig hervortreten zu laffen. In allen Fällen wird aber die Röhre durch Röhrenhalter an der Mauer befeftigt.

Was die Wahl des Materials zu den Hausleitungen anbelangt, fo empfehlen wir für normale Preffungen im Röhrennetze (30 bis 50 m) die Bleiröhren. Diefelben dürfen jedoch nicht dünnwandig fein, da fie fich fonft leicht fackförmig ausbauchen und reifsen; auch vermeide man Flanfchenanfchlüffe an Bleiröhren, da umgebördelte Röhrentheile leicht abreifsen. Friert das Waffer in einem Theile eines Bleiröhrenftranges ein, fo ift nicht unter allen Umftänden ein Platzen der Röhre die Folge; wegen der grofsen Nachgiebigkeit des Materials wird vielmehr in den meiften Fällen ein Aufthauen des Eifes durch Erwärmung den ganzen Uebelftand befeitigen. Ganz anders verhalten fich in diefer Hinficht fchmiedeeiferne und gufseiferne Leitungen;

[297]) Ueber das Verfahren, Bleiröhren unmittelbar in Cement zu verlegen, liegen zum Theile fchlimme Erfahrungen vor; folche Leitungen wurden in vielen Fällen fpröde und brüchig, ja zerfreffen und durchläffig. Es ift defshalb Vorficht in diefer Richtung geboten.

das Gefrieren des Waſſers in dieſen Leitungen hat faſt ohne Ausnahme ein Zerſprengen der Röhre zur Folge.

Bei Waſſerverſorgungen mit ſehr hoher Preſſung (12 bis 15 Atmoſphären) ſind indeſſen ſelbſt ſtarkwandige Bleiröhren in der Anwendung gefährlich, weil ſie nach und nach ihre Lichtweite verändern und dadurch die Wandſtärke verringern. In ſolchen Fällen empfehlen ſich galvaniſirte ſchmiedeeiſerne Röhren, wobei jedoch nur ganz vorzüglich verzinktes Material verwendet werden ſollte, da ſonſt das Waſſer ſchon in kurzer Zeit zum Angriffe des Eiſens ſchreitet. Guſseiſerne Röhren wären ſelbſtverſtändlich allen anderen vorzuziehen, wenn nicht der Inſtallation mit dieſen Röhren im Inneren der Häuſer ſich groſse Schwierigkeiten entgegenſetzen würden. Da man aber erfahrungsgemäſs bei den meiſten Inſtallationen erſt dann, wenn Decken etc. durchbrochen ſind, genau beſtimmen kann, wie die Steigleitungen etc. angeordnet werden müſſen, laſſen ſich die zu guſseiſernen Leitungen erforderlichen Façon-Stücke aller Art auch erſt dann feſt ſetzen, und es iſt in nahezu allen Fällen nicht durchführbar, die durchbrochenen Stellen etc. ſo lange offen zu laſſen, bis die Façon-Stücke modellirt und gegoſſen ſind. Bei Verwendung von ſchmiedeeiſernen und Bleiröhren dagegen kann man ſofort und ohne Schwierigkeit mit den Normal-Röhrenſtücken allen Windungen in den Häuſern folgen.

Bei einiger Vorſicht kann im Winter durch rechtzeitiges Abſtellen, bezw. Entleeren der Hausleitungen das Einfrieren derſelben vermieden werden. Dieſe Vorſicht wird jedoch nicht immer gehandhabt, und es kommen deſshalb in jedem ſtrengen Winter eine gröſsere Zahl von Röhrenbrüchen an Hausleitungen zu Stande; durch das Ausſtrömen von Waſſer an dieſen Stellen kann groſser Schaden entſtehen.

Wird eine Leitung abgeſtellt und entleert, ſo genügt es nicht, lediglich den Entleerungshahn an der tiefſten Stelle zu öffnen; es müſſen vielmehr gleichzeitig ſämmtliche Ausläufe an der Leitung geöffnet werden, da ſich ſonſt mehr oder weniger lange Waſſerſäulen an den geſchloſſenen Ausläufen feſt ſaugen und dieſe Leitungsſtellen dann trotz der Entleerung gefrieren würden. Selbſtverſtändlich hat man vor dem Wiederanlaſſen der Leitung die Ausläufe, mit Ausnahme des oberſten, durch welchen die Luft entweichen muſs, zu ſchlieſsen, wenn Ueberſchwemmungen nicht eintreten ſollen.

Ein ſicheres Mittel, um alle Gefahr beim Platzen einer Röhre auszuſchlieſsen, beſteht in einer waſſerabführenden Umhüllung derſelben, welche im Abzugs-Canale des Hauſes endigt. Dieſes Mittel iſt aber nicht nur mit bedeutenden Koſten verknüpft, ſondern man bedarf bei Anwendung deſſelben auch eines gröſseren Raumes für die Leitungen, ſo daſs es ſelten zur Anwendung kommt. Die Einlage eines Gummiſchlauches in die Röhren, die Ausfütterung derſelben mit Gummi, ſelbſtthätige Entleerungen bei ſtarkem Froſte, Erwärmung von Röhren u. ſ. w. ſind weitere Auskunftsmittel [298]).

Gegen die Erwärmung des Waſſers in den Hausleitungen im Sommer giebt es kein anderes erprobtes Mittel, als das bereits früher erwähnte Offenſtehenlaſſen der Hähne, bis unmittelbar von der Straſsenröhre kommendes kühleres Waſſer ausläuft. Dies iſt jedoch, wenn das Waſſer aus öffentlicher Leitung bezogen und nach Meſſern bezahlt werden muſs, theuer, wenn daſſelbe ohne Beſchränkung abgegeben wird, ungerecht gegen Andere. Ueberdies kann bei unvorſichtiger Behandlung das Offenſtehenlaſſen der Hähne ſehr nachtheilige Ueberſchwemmungen veranlaſſen [299]). Es dürfte deſshalb auch hier die unmittelbare Kühlung durch Eis oder die Entnahme des Trinkwaſſers aus ſtändig laufenden öffentlichen Brunnen — wo ſolche vorhanden ſind — die in vielen Fällen richtigſte Abhilfe ſein.

---

[298]) Die Zahl der Vorrichtungen zum Schutze gegen Ueberfluthung beim Berſten der Leitung und in Folge Einfrierens derſelben iſt eine groſse. Es ſei in dieſer Beziehung auf D.R.-P. 1716, 6242, 7854, 10 399, 10 520, 10 994, 11 302, 12 023, 16 394, 23 246, 38 948 u. 43 536 verwieſen.

[299]) Alle Mittel zur Verhütung nachtheiliger Folgen beim Offenſtehenlaſſen der Hähne können ſelbſtverſtändlich erſt dann wirken, wenn der Hahn eine erheblich gröſsere Zeit, als dies gewöhnlich üblich iſt, offen blieb, da anderenfalls die normale Entnahme beeinträchtigt würde. Es werden alſo mit Anwendung derſelben nur gröſsere Ueberſchwemmungen verhütet. Aus den Veröffentlichungen des deutſchen Reichs-Patentamtes heben wir als Vorbeugungsmittel hervor: D. R.-P. Nr. 31 996, 34 340, 36 257 mit Zuſatz-P. 36 983, 41 747.

420. Weiteres über Vertheilungs-leitungen.

Aufser den in Art. 419 (S. 412) erwähnten Rückfichten ift bei Anlage einer Privatzuleitung in erfter Linie zu beachten, dafs alle Leitungsftrecken mit Gegengefälle am höchften Punkte entlüftet, an den tiefften Stellen entleert werden können und dafs jede einzelne Steigleitung zum Schutze gegen Widderftöfse mit einem Windkeffel endigt, fo fern diefelbe nicht von einem unter Dach liegenden Wafferbehälter ausgeht. Die Verzweigungen follen derart erfolgen, dafs in der Richtung des Wafferftromes Leitungen geringerer Lichtweite ftets von folchen gröfserer Lichtweite abgehen. Unter Beachtung der im vorhergehenden Artikel zum Schutze der Leitungen gegen Erwärmung und Froft gegebenen Regeln foll jeder einzelne Strang auf dem kürzeften Wege von der Vertheilungsröhre zur Zapfftelle geführt werden; dabei find die Röhren thunlichft allerwärts an den Wänden zu befeftigen, und es ift insbefondere ein Aufhängen wagrechter Leitungen an Decken etc. auch im Keller- und Sockelgefchofs zu vermeiden, weil eine derartige Anordnung Anlafs zu häufigeren Befchädigungen giebt. Beim Durchbrechen von Mauern etc. ift es ftets rathfam, die Wafferleitungsröhre mit einer Blech- oder Thonröhre zu umgeben, um diefelbe jederzeit befichtigen und erforderlichenfalls auch herausnehmen zu können. Das Einputzen jeder Art von Röhrenleitung in Mauern ift zu vermeiden; können die Leitungen nicht einfach an der Aufsenfläche angeordnet werden, fo legt man diefelben in befondere, mit Holz gefütterte und bedeckte Ausfparungen (Canäle).

Die Befeftigung auffteigender Röhren in den Gebäuden gefchieht in Entfernungen von 1,5 bis 2,0 m mittels Rohrhaken, welche in eingegypste Holzpflöcke gefchlagen werden oder durch Bandfchellen, wenn die Steigröhre einige Centimeter von der Wand abfteht; bei wagrechten Leitungen find diefe Entfernungen, je nachdem Bleiröhren (Mantelröhren) oder eiferne Röhren verwendet werden, entfprechend zu verringern (etwa auf 0,5 bis 1,0 m). Bei Verwendung von Bleiröhren (Mantelröhren) ift noch befonders darauf zu achten, dafs diefelben bei wagrechter Lage fchön gerade geftreckt werden, damit fich keine Luftblafen feft fetzen können.

Bleiröhren und Mantelröhren werden durch Löthen verbunden und durch Anfchneiden mit Verlöthung verzweigt. Bei Verlöthung zweier Röhren wird das eine Röhrenende mittels eines Dornes aufgetrieben, das andere zugefpitzt und, nachdem es durch Schaben metallifch rein gemacht wurde, in das ausgeweitete Ende gefchoben. Zwifchen beide Enden kommt das Loth; etwas Kolophonium-Pulver auf die zu löthenden Flächen zu ftreuen, ift zweckmäfsig. Beim Löthen mit der Lampe kommen 1 Theil Zinn und 1 Theil Blei, bei Anwendung des Löthkolbens 2 Theile Zinn und 1 Theil Blei in Gebrauch, wenn es fich um Bleiröhren handelt; bei Mantelröhren nimmt man ein Loth von 4 Theilen Zinn und 5 Theilen Blei, wendet nur den Löthkolben an und beftreicht die Löthflächen vorher mit etwas Salzfäure. Beim Anlöthen von Zweigleitungen fowohl, als auch bei Verbindungsftellen ift gröfste Sorgfalt darauf zu verwenden, dafs kein Loth in das Innere der Röhren eintropft. Wie bereits in Art. 419 (S. 415) erwähnt, follten Flanfchverbindungen mit Bleiröhren thunlichft vermieden werden; beim Uebergang zu anderem Metall oder an Stellen, die öfter gelöst werden müffen, verwende man Verfchraubungen.

Schmiedeeiferne (verzinnte und galvanifirte) Röhren werden nur durch Verfchraubungen verbunden. Die letzteren können innere und äufsere fein. Durch Abfchneiden der geraden Röhren und Anfchneiden des Normalgewindes, fo wie durch Benutzung der für die verfchiedenen Lichtweiten handelsüblichen Normal-Façon-Stücke (*Fittings*) kann der Rohrleger jede beliebige Lage der Röhrenleitungen, Abzweigungen etc. rafch herftellen.

Bei Verwendung gufseiferner Röhren zu Hausleitungen wird fowohl die Flanfchverbindung, als auch die Muffenverbindung, meiftens beide gleichzeitig, verwendet. Flanfchverbindungen werden durch Zwifchenlage eines Bleiringes oder Gummiringes gedichtet, welcher zwifchen den Arbeitsleiften zweier Flanfchen durch Anziehen der Schrauben feft geklemmt wird. Die bereits in Art. 415 (S. 407) befchriebene Muffenverbindung geftattet das Ablängen der zur Inftallation verwendeten Röhren nach Bedarf auf der Arbeitsftelle; Röhren, welche einerfeits Flanfch, andererfeits Spitzende haben, vermitteln Muffenverbindung mit Flanfchverbindung, an welch letztere fodann die Auslaufhähne etc. anzufchliefsen find.

Bei längeren guſseiſernen Leitungen in Räumen mit verſchiedener Temperatur müſſen Ausgleichungs- oder Compenſations-Röhren (Stopfbüchſen) eingeſchaltet werden, um der Ausdehnung und Zuſammenziehung der Röhrenſtränge Rechnung zu tragen. Bei Anwendung von Bleiröhren und ſchmiedeeiſernen Leitungen fällt dieſe Vorſichtsmaſsregel weg.

Bei Leitungen, durch welche zur Verhinderung des Erwärmens und Einfrierens ein ununterbrochener Waſſerſtrom gehen ſoll, iſt zu unterſcheiden, ob dieſelben von einer einzigen oder durch Verbindung von mehreren Abzweigeſtellen der Hauptleitung ausgehen. Entwickeln ſich ſämmtliche Röhrenleitungen von einer einzigen Abgangsſtelle aus, ſo muſs der ſtändige Auslauf am äuſserſten Zapfhahn ohne Rückſicht auf deſſen Lage angebracht werden. Sind dagegen mehrere, unmittelbar von der Hauptleitung ausgehende Steigleitungen vorhanden, ſo müſſen dieſe unter ſich verbunden und der ſtändige Auslauf an die abſolut höchſt gelegene Zapfſtelle verlegt werden.

Was die anzuwendenden Röhrenweiten anbelangt, ſo haben wir einige Anhaltspunkte hierfür bereits in Art. 408 u. 409 (S. 398 u. 399) gegeben. Die Verzweigungen von den Steig- und Fallröhren pflegt man im Allgemeinen beim normalen Waſſerdruck von 30 bis 40 m ſo zu bemeſſen, daſs:

1) für einen gewöhnlichen Zapfhahn in der Küche eine Zweigleitung von 15 mm Weite angeordnet wird; dieſelbe Weite genügt auch für einen Auslaufhahn an der Waſchtiſch-Einrichtung, an einem Wandbrunnen, überhaupt für jeden kleineren einzelnen Auslauf.
2) Die Zuleitung zu einem Badezimmer, einem Spülabort oder einer Waſchküche mit einem Auslaufe ſollte nicht unter 20 mm Weite gewählt ſein, weil man an dieſen Orten raſch groſse Waſſermengen entnehmen will.
3) Für Hydranten in gewöhnlichen Wohnhäuſern, ſo wie für Gieſshähne in den Gärten beträgt das Mindeſtmaſs der Lichtweite für die Zuleitung 25 mm; bei Fabrikgebäuden, Lagerhäuſern, groſsen Wohnhäuſern etc. ſollten die Zuleitungsröhren zu Hydranten 50 bis 80 mm weit ſein.

Für Zuleitungen zu Springbrunnen und Waſſerkünſten aller Art laſſen ſich bezüglich der Abmeſſungen allgemeine Anhaltspunkte nicht geben; jeder einzelne Waſſerſtrahl muſs ſeine beſondere Zweigleitung und getrennte Regelung erhalten, und man wird gut daran thun, den Zuleitungsquerſchnitt von der Hauptleitung aus gleich der Summe aller Verzweigungsquerſchnitte zu machen.

Sehr häufig werden bei Springbrunnen-Anlagen etc. nicht bloſs ein einziger Strahl, ſondern Strahl und Garbe, ſo wie einzelne beſondere Strahlen gewünſcht. Sind, wie bei der Garbe (Fig. 372), eine gröſsere Zahl aus gleichen Mundſtücken geworfener Strahlen unter völlig gleicher Preſſung vor dem Auslaufe angeordnet, ſo können dieſe Strahlen von einer gemeinſamen Zuleitung Z_2 aus geſpeiſt werden. Während in dieſem Falle der lothrecht aufſteigende Hauptſtrahl von Z_1 geſpeiſt wird, mündet die Zuleitung Z_2 in einen das Mundſtück des Hauptſtrahles umſchlieſsenden Kaſten, von welchem die Strahlen der Garbe gemeinſam ausgehen.

Fig. 372.

Erfolgt die Zuleitung des Waſſers zum zu verſorgenden Gebäude oder Gebäude-Complexe aus mehreren Bezugsquellen, ſo pflegt man in der Regel die Einrichtung der Vertheilungsleitungen ſo anzuordnen, daſs eine Bezugsquelle die andere nöthigenfalls zu erſetzen vermag. Beſonders wichtig iſt eine ſolche Anordnung bei Feuersgefahr, beim Waſſerbezug aus Quellen, welche zeitweiſe ausſetzen, aus Pumpwerken mit Windradbetrieb etc. Man wird in ſolchen Fällen zwar Steigleitungen ſowohl, als Abfallleitungen ſo conſtruiren, wie ſie der beſonderen Bezugsquelle entſprechend ſein müſſen; gleichzeitig aber genügend weite, zu normalen

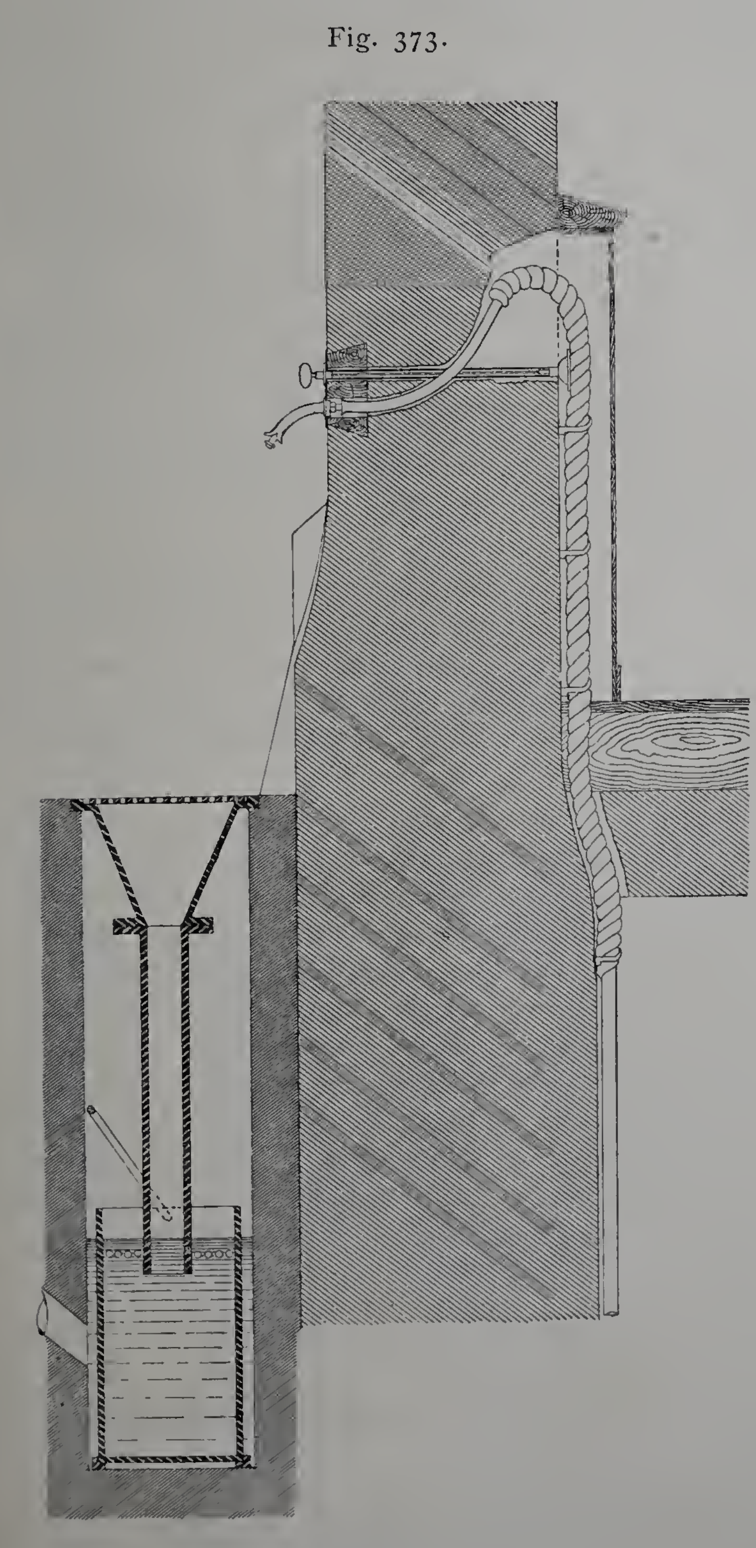
Zeiten durch ein Zwifchenventil gefchloffene Verbindungsleitungen erbauen, um eine Verforgung durch die andere ergänzen zu können.

Derartige Anordnungen erweifen fich auch als zweckmäfsig, wenn z. B. die öffentliche Wafferverforgung nur Nutzwaffer liefert und aus einer privaten Verforgung Trinkwaffer mit genügendem Drucke beigeführt werden kann, oder wenn bei künftlicher Wafferhebung der gröfste Wafferverbrauch nur einen niedrigen Druck erheifcht, gleichzeitig aber eine kleinere Anzahl Ausläufe unter höherem Drucke gefpeist werden müffen.

Ein gröfseres Beifpiel der letzteren Art ift die Wafferverforgung des grofsherzoglichen Refidenzfchloffes und feiner Anbauten, Gärten etc. zu Karlsruhe. Im Schloffe felbft, dem Hoftheater, den Dienftwohnungen etc. fteht das Waffer unter Hochdruck; in den Leitungen zum Marftall, zum botanifchen Garten, zu den Anlagen vor und hinter dem Schloffe und zur Fafanerie ift Niederdruck. Beide Leitungen find von einander getrennt, können aber jederzeit und an mehreren Orten mit einander in Verbindung gefetzt werden.

Es ift im Uebrigen — abgefehen von den eben erwähnten befonderen Umftänden — ftets vortheilhaft, dafür zu forgen, dafs fowohl in den Steigleitungen, als auch in den Verbindungsleitungen Zwifchenventile eingefetzt werden, um bei ftattfindenden Ausbefferungen an Auslaufhähnen etc. nicht immer die ganze Hausleitung abftellen zu müffen. Je gröfser die Anzahl der Ausläufe ift, um fo ftörender werden die durch unvermeidliche Ausbefferungen entftehenden Unterbrechungen, und um fo angenehmer wird es fein, wenn in folchen Fällen wenigftens ein Theil der Ausläufe noch Dienfte thut.

Fig. 373.



Wandbrunnen im Hofe. — 1/25 w. Gr.

Selbftverftändlich müffen Leitungen, welche befonderen Anlagen, wie kleineren oder gröfseren Waffermotoren, gröfseren Spül-Einrichtungen, Aufzügen, Keffelfpeifungen etc. dienen, mit befonderer Rückficht auf diefe Zwecke angelegt werden; wie dies zu gefchehen hat, wird, fo weit es den Architekten berührt, im folgenden Bande diefes »Handbuches« (Abth. IV, Abfchn. 5: Koch-, Entwäfferungs- und Reinigungs-Anlagen) gezeigt werden. Ebendafelbft finden fich auch jene Anordnungen, welche zur Ableitung des verbrauchten Waffers (Entwäfferung) erforderlich find.

421. Beifpiele einiger Gefammtanordnungen.

Es dürfte nunmehr am Platze fein, durch einige Beifpiele das Vorftehende zu erläutern.

1) Die einfachfte Anordnung

einer Wafferverforgungs-Anlage eines Haufes wird diejenige fein, welche nur in einer Auslaufvorrichtung auf dem Hofe befteht. Diefe Vorrichtungen bedürfen der forgfamften Ausführung, da fie im Winter durch ihre Lage den Einwirkungen des Froftes viel leichter ausgefetzt find, als alle anderen Einrichtungen. In Fig. 373 ift die Anordnung veranfchaulicht.

Die Röhrenleitung ift in Kellertiefe bis an die hintere Stirnwand des Gebäudes geführt worden und fteigt längs derfelben an der Innenfeite bis ungefähr 1 m über dem Fufsboden des Erdgefchoffes empor. Hier findet fich ein Durchgangsventil eingefchaltet, deffen Schlüffelftange verlängert ift und bis aufserhalb der Mauer hervorragt. Vom Ventile an fteigt die Leitung nur noch ein kurzes Stück und führt dann in niedergehender Richtung nach der Aufsenfeite der Mauer, in einem Mundftücke endigend. Die Röhre ift von ihrem Austritt aus dem Keller an mit Filz oder Tuchleiften umwickelt, fo wie mit einem Holzgehäufe umkleidet, welches mit einem fchlechten Wärmeleiter (Schlackenwolle, Häckfel, Sägefpäne etc.) angefüllt wird. Unmittelbar nach Einmündung der Leitung in die Kellerräume foll fich das Privat-Hauptventil befinden, mittels deffen eine Abfperrung und Entleerung der ganzen Leitung möglich ift.

Will man den Auslauf nicht an die Mauer legen, fo macht fich die Errichtung eines Auslaufftänders nothwendig. Derfelbe kann in einer einfachen Säule mit Auslaufhahn beftehen, wie in Fig. 390 (S. 434) dargeftellt ift, fo fern die Umftände es geftatten, die Leitung während des Winters aufser Betrieb zu fetzen. Anderenfalls wird man zu einer weniger einfachen, aber in ihrer Wirkung vollkommeneren Conftruction greifen müffen, wie diefelbe in Fig. 391 (S. 434) fich findet.

2) Auf der neben ftehenden Tafel ift die Wafferverforgung eines ftädtifchen viergefchoffigen Miethhaufes mit Seiten- und Hintergebäude — im Anfchluffe an das öffentliche Wafferwerk — zur Veranfchaulichung gebracht; aufser der Wafferverforgung der einzelnen Gebäudetheile ift auch die Bewäfferung des Gartens, fo wie die Verforgung eines Springbrunnens vorgefehen.

Der Ort der Einführung der Anfchlufsleitung von der Strafsenröhre nach dem Grundftück ift aus dem Grundrifs des Kellergefchoffes fofort kenntlich. Die Leitung erhält auf der Strafse eine Abfchlufsvorrichtung, das Hauptventil *a*, welches nur von der Wafferwerks-Verwaltung benutzt werden darf. Unmittelbar nach Eintritt der Leitung in das Grundftück hat der Privat-Haupthahn *b* und vor oder hinter demfelben der Waffermeffer *c* feine Aufftellung gefunden. Die Leitung führt hierauf durch die Keller des Vorderhaufes hindurch nach dem Hofe und zweigt hier mit einer Leitung, welche durch ein Ventil mit Entleerung *d* abftellbar ift, nach dem Seitengebäude ab.

Im Hintergebäude verzweigt fich die Leitung nach 3 Punkten: nach der Wafchküche, nach den oberen Gefchoffen und nach dem Garten. Alle drei Leitungen haben Abfperrhähne mit Entleerung erhalten; diefelben befinden fich im gemeinfchaftlichen Schachte *e*. Die Leitung der Wafchküche verforgt 2 Auslaufftellen: einen gewöhnlichen Zapfhahn mit Ausgufsbecken und einen Zapfhahn über dem Wafchkeffel; die Gartenleitung verforgt zwei Sprengventile *f* und einen Springbrunnen *g*. Die Leitung nach dem Springbrunnen erhält ein Durchgangsventil *h*, welches zum Regeln und Abftellen deffelben dient.

Die Zweigleitung im Seitengebäude führt im Abortraume an einer Schornfteinmauer aufwärts und verforgt im I. Obergefchofs (vergl. die Grundrifspartie des I. Obergefchoffes) eine Bade-Einrichtung, einen Spülabort, eine Wafchtifch-Einrichtung und einen Küchenauslauf. Die gleichen Vorrichtungen werden im Hintergebäude von der auffteigenden Leitung gefpeist. Es ift auf diefe Weife das ganze ausgedehnte Gebäude in jedem Gefchofs reichlich mit Waffer verforgt, und es bliebe fich für die Anordnung vollftändig gleich, wenn man auch das II. und III. Obergefchofs mit Bade- und Wafchtifch-Einrichtungen verfehen wollte.

3) In Kap. 17 wird als Beifpiel die Wafferverforgung einer Villa vorgeführt werden, wobei im Gebäude felbft das Waffer mittels einer Dampfpumpe in einen im Dachgefchofs gelegenen Wafferbehälter gehoben wird, fonach die Vertheilung des Waffers von oben nach unten gefchieht.

Mögen auch die Anordnungen in anderen Wohnhäufern je nach den Umftänden mehr oder weniger verfchiedene fein, fo werden fie doch alle in den Haupt-

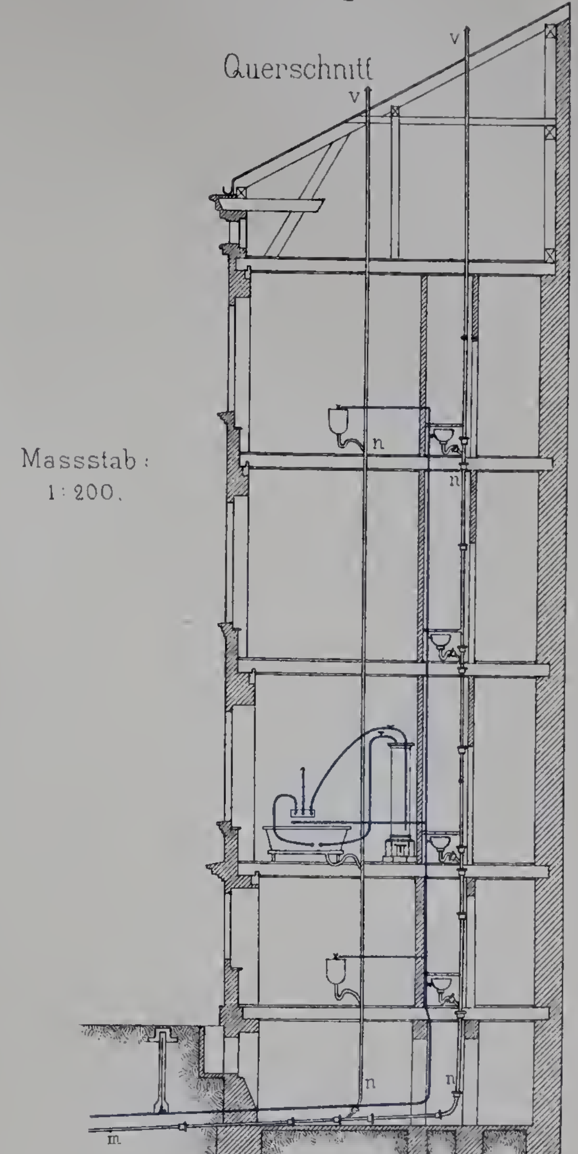
Zu S. 420.

WASSERVERSORGUNG EINES MIETHHAUSES.

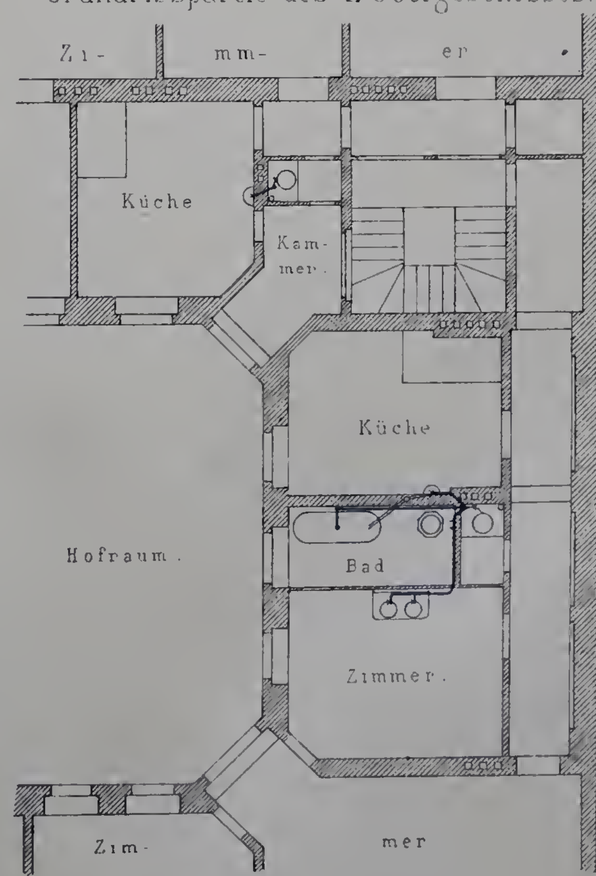
Grundriss des Kellergeschosses.

f
g
f
h
Waschküche.
e
Hofraum.
d
c
b
a

Querschnitt



Grundrisspartie des 1. Obergeschosses.



Handb. d. Arch. III. 4.



grundfätzen, wie fie vorftehend aus einander gefetzt und durch die gegebenen Beifpiele erläutert worden find, übereinftimmen.

4) Während in den vorftehenden Beifpielen kleinere Anlagen vorausgefetzt wurden, mag im Nachftehenden noch ein Beifpiel für eine ausgedehntere Wafferverforgung von einem hoch gelegenen Vertheilungsbehälter aus vorgeführt werden. Es wurde die von *Kröber* entworfene neue Wafferverforgung des fürftlichen Refidenzfchloffes zu Sigmaringen gewählt [300]).

Die Lage und Anordnung des im fog. Römerthurm gelegenen Vertheilungsbehälters, in welchen das Waffer einer in der Nähe befindlichen Quelle gehoben wird, wurde bereits in Art. 413 (S. 405) befchrieben. Das Röhrennetz nimmt feinen Anfang in drei Hauptfallröhren, von welchen zwei über die Dachböden des Schloffes, der Kunftfammlung und der Nebengebäude fich hinziehen und dann abfallend in allen Gefchoffen fich verbreiten; die dritte fällt lothrecht bis zum Fufse des Thurmes ab, wo fie fich im Boden unter dem oberen und unteren Schlofshofe hinzieht und ihre äufserften Zweige einerfeits bis in den Marftall und das Theater fendet, andererfeits unter ftetem Abfallen den grofsen Springbrunnen und den Kreislauf-Anfchlufs an eine der gedachten Dachleitungen erreicht, um endlich, ganz unten in der Stadt angekommen, noch das erbprinzliche Palais zu verforgen.

Alle Hauptröhrenftränge find in Gufseifen hergeftellt worden. Um kräftige Strahlen für Feuerlöfchzwecke zu erzielen, erhielten diefe Stränge ziemlich grofse Durchmeffer; fie fangen mit 120 mm an und gehen bis 60 mm herab. In allen Flurgängen, in möglichfter Nähe der Treppenhäufer, find Feuerventile mit 45 mm weiter Oeffnung unmittelbar in die Leitungen eingefchaltet. Im Ganzen find 31 Ventile mit einem Schlauchgewinde-Abgang und 6 Ventile mit doppelten Abgängen vorhanden. Unmittelbar neben diefen Ventilen, welche in Holzkaften mit Glasthürchen eingefchloffen find, ift je eine Schlauchrolle von 15 m Länge mit Gewinde und Mundftück von 16 bis 20 mm Ausgangsweite aufgehängt.

Von den unter den Höfen hinlaufenden Bodenleitungen find in geeigneten Abftänden 7 Feuerlöfchhähne abgezweigt. Aufser 4 laufenden Brunnen wird noch ein Ventilbrunnen von der Leitung gefpeist. Die dem Frofte ausgefetzten Theile der Röhrenleitungen wurden durch Anwendung eines fteten Wafferkreislaufes am wirkfamften vor dem Einfrieren gefchützt; aufserdem aber wurden fämmtliche Röhren mit Strohzöpfen doppelt umwickelt und an befonders gefährdeten Orten noch mit Bretterverfchalungen verwahrt und die Zwifchenräume mit Stroh ausgeftopft.

Von den Hauptfallröhren zweigen nach den verfchiedenen Räumlichkeiten, als Küchen, Wafchküchen, Wagenfchuppen, Marftall, Spülaborten etc., fchmiedeeiferne Leitungen geringeren Kalibers ab, für welche als Hauptabfperrung nur Kegelhähne mit unten gefchloffenem Gehäufe und Stopfbüchfen und an den Zapfftellen Niederfchraubhähne zur Verwendung kamen.

Ueber einige ausgeführte Wafferverforgungs-Anlagen fiehe:

RÖMER, E. Irren-Anftalt zu Schwetz. Wafferverforgung. Zeitfchr. f. Bauw. 1854, S. 215, 221.

Diftribution d'eau dans un hôtel privé. Revue gén. de l'arch. 1859, S. 33.

Alimentation de l'hôpital de Beck-fur-Mer. Revue gén. de l'arch. 1862, S. 60.

HENNEBERG, R. Wafferverforgungs-Anlage für eine einzelne Villa. Deutfche Bauz. 1870, S. 311. Mafchin.-Conftr. 1871, S. 9.

Die Wafferleitung des neuen Opernhaufes in Wien. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1871, S. 59.

GROPIUS & SCHMIEDEN. Das ftädtifche Allgemeine Krankenhaus in Berlin. Die Wafferverforgung. Zeitfchr. für Bauw. 1876, S. 157.

PICARD. *Alimentation en eau du fort Saint-Michel, à Toul. Annales des ponts et chauffées* 1876 — I, S. 33.

PILTER. *Alimentation d'eau du fort Saint-Michel, à Toul. Revue induftr.* 1876, S. 142.

KRÖBER. Die neue Wafferverforgung des fürftlichen Refidenzfchloffes zu Sigmaringen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1877, S. 35. Mafchin.-Conftr. 1877, S. 395.

Wafferverforgung der Irrenanftalt bei Düren. Rohrleger 1879, S. 84.

SCHOLTZ. Wafferverforgung eines herrfchaftlichen Wohnhaufes und Anfchlufs derfelben an die ftädtifche Canalifation. Baugwks-Ztg. 1880, S. 516.

TROJAN, E. v. Die k. k. Männer-Strafanftalt in Pilfen. Wafferverforgung. Allg. Bauz. 1881, S. 31.

HUDE v. d. & HENNICKE. Das Central-Hôtel in Berlin. Wafferverforgung des Hôtels. Zeitfchr. f. Bauw. 1881, S. 187.

---

300) Nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1877, S. 35.

BLANKENSTEIN. Das ftädtifche Arbeitshaus zu Rummelsburg bei Berlin. Beleuchtung, Be- und Entwäfferung. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 73.
Wafferverforgung und Beleuchtungswefen der *Krupp*'fchen Gufsftahlfabrik. I. Wafferverforgung. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1882, S. 443.
Hôtel du Crédit Lyonnais, boulevard des Italiens. Diftribution d'eau et fecours contre l'incendie. La femaine des conft., Jahrg. 8, S. 139, 185, 270.
HENOCH, G. Wafferverforgung der Dampfmahlmühle zu Wurzen i. S. Deutfche Bauz. 1884, S. 228.
BECKER, H. Die Wafferverforgung des hochgelegenen Hofgutes »Berghaus« bei Thiengen in Baden mittels einer Wafferkraft-Mafchine. Allg. Bauz. 1885, S. 82.
PUJOL, A. *L'aménagement d'une maifon. Conftruction moderne*, Jahrg. 1, S. 19, 32, 57, 69.
Wafferwerks-Anlage für Schlofs Baldern. Deutfche Bauz. 1886, S. 484.

---

16. Kapitel.

Einzelbeftandtheile der Wafferleitungen.

422.
Röhren und Façon-Stücke.

Es ift rathfam, in allen Fällen, in welchen eine Leitung zeitweife oder fortwährend innerem Ueberdrucke — einer Preffung, gröfser als jene der Atmofphäre — ausgefetzt ift, nur Metallröhren zu verwenden. Ift dagegen die Preffung in der Röhre gleich der atmofphärifchen, bezw. fliefst das Waffer in der Leitung ohne Ueberdruck, fo empfiehlt fich aus verfchiedenen Gründen die Verwendung von Thonröhren (Steinzeugröhren) und Cementröhren.

Diefe Leitungen ohne inneren Ueberdruck kommen bei Zuleitungen zu Gebäuden und Gebäudegruppen in Gebirgsgegenden häufiger vor, als man gewöhnlich annimmt, und dürfen defshalb hier nicht übergangen werden. Sie haben, wie bereits in Art. 410 S. 399) erwähnt wurde, vor allen Dingen Metallröhren gegenüber drei Hauptvorzüge:

1) Das Waffer bleibt bei der Bewegung in diefen Röhren reiner und frifcher als in Metallröhren, gleiche Bodendeckung vorausgefetzt;
2) die Haltbarkeit folcher Röhren ift erfahrungsgemäfs gröfser, als jene der Metall-, insbefondere der gufseifernen Röhren, und
3) die fertigen Röhrenftränge werden bei gleichen Lichtweiten wefentlich billiger, als jene von Metallröhren.

Es werden vielfach auch Cementröhren und Thonröhren für Leitungen mit wefentlichem innerem Ueberdrucke verwendet; fo find z. B. zur Wafferverforgung für die Städte Barcelona, Nizza, Grenoble, Autùn, Nîmes, Vevey u. a. Cementröhren mit einer, bezw. mehreren Atmofphären Ueberdruck in grofsen Mengen verlegt worden, für eine grofse Zahl elfäfsifcher Städte Thonröhren etc. [301]).

Indeffen lehrt doch die Erfahrung, dafs die hergeftellten Leitungen bei den geringften Bodenfenkungen platzen, und zwar bei gleichem Ueberdrucke um fo leichter, je gröfser die Lichtweiten derfelben find; fie bieten defshalb, abgefehen davon, dafs Anfchlüffe fehr fchwer fachgemäfs eingefügt werden können, nicht die für jede Wafferverforgung in erfter Linie erforderliche Sicherheit des ununterbrochenen Wafferbezuges. Anders ift dies bei Leitungen ohne inneren Ueberdruck; diefe unterliegen der Gefahr des Platzens nicht und haben die oben erwähnten Vorzüge. Frifch bleibt das Waffer in denfelben, weil die capillare Feuchtigkeit in der Röhrenwandung an der äufseren Oberfläche des Röhrenftranges bei von aufsen zudringender Wärme eine Verdampfung von Waffer in die Grundluft erzeugt, wodurch im Sommer der Röhrenwand Wärme entzogen wird. Dauerhaft haben fich Röhren aus Thon und cementirte Canäle an den Jahrtaufende alten Leitungen der Römer bis heute erwiefen, während alle Metallröhren, je nach der Befchaffenheit des Bodens, in welchen fie verlegt find, nur eine fehr begrenzte Dauer haben. Endlich betragen, den billigften Metallröhren gegenüber, die Koften gleich weiter Röhrenftränge aus Thon oder

---

[301]) Vergl. bezüglich der Cementröhren die Veröffentlichungen der *Société générale et unique des ciments de la Porte de France.* Grenoble 1874 — ferner bezüglich der Thonröhren: ZELLER, C. *Des conduites d'eaux, de leur établiffement et de leur entretien.* Paris 1863.

Cement — je nach Bezugsquelle und Verlegungsort — die Hälfte und noch weniger, ſo fern es ſich nicht um ganz kleine Lichtweiten handelt.

Man muſs jedoch bei Verwendung von Cementröhren ſehr darauf achten, daſs, wie bereits früher erwähnt, gröſsere Geſchwindigkeiten des Waſſers als 1^{m} in der Secunde nicht vorkommen, da ſonſt die Röhrenwandungen mechaniſch angegriffen werden; auch bei Thonröhren ſollte die Geſchwindigkeit das Maſs von $1{,}5^{m}$ nicht überſteigen. Sodann dürfen Röhrenleitungen dieſer Art nur in ganz gleichmäſsiges Gefälle gelegt werden, weil ſonſt eine ſtoſsweiſe, die Zerſtörung der Röhrenwandungen befördernde Bewegung des Waſſers eintritt. Endlich dürfen die Röhren nur auf gewachſenem, unnachgiebigem Boden verlegt werden, da ſie bei ſteifen Verbindungen und nachfolgendem Setzen des Untergrundes leicht brechen.

Abgeſehen von den Koſten der Verbringung von der Fabrik zur Bauſtelle und von den Koſten der Erdarbeiten betragen die Koſten für Lieferung und Verlegen von Cement- und Thonröhren bis zu 300^{mm} Lichtweite annähernd:

Lichtweite	Thonröhren			Cementröhren		
	Gewicht	Ankauf	Verlegen u. Dichten	Gewicht	Ankauf	Verlegen u. Dichten
50	7—11	50—75	30	—	—	—
75	11—15	70—90	45	17	100	50
100	15—19	90—110	60	22	120	75
125	18—23	110—140	72	27	140	100
150	22—28	140—170	84	36	160	125
175	26—33	170—200	90	47	190	140
200	31—39	210—240	96	60	230	150
225	36—45	250—280	100	72	270	160
250	40—51	300—350	105	88	320	170
300	50—63	420—470	110	116	420	185
Millim.	Kilogr.	Pfennige		Kilogr.	Pfennige	
	für 1 laufendes Meter Leitung.			für 1 laufendes Meter Leitung.		

Bei gröſseren Lichtweiten werden die Cementröhren weſentlich billiger, und es iſt überhaupt nicht rathſam, Thonröhren von mehr als 600^{mm} Lichtweite zu verwenden. Die angegebenen Preiſe gelten für einen Bedarf von mehr als 500^{m}; ſie erhöhen ſich, wenn der Bedarf geringer wird und umgekehrt. Die Beförderungskoſten ſind nach Maſsgabe der Gewichte zu rechnen.

Unter den Metallröhren ſtehen die guſseiſernen in erſter Reihe. Ueber die Eigenſchaften derſelben haben wir uns bereits in Art. 415 (S. 406) geäuſsert. Die Koſten 1 laufenden Meters fertige Muffen-Röhrenleitung betragen, abgeſehen von den Koſten für die Verbringung von der Fabrik zur Bauſtelle und die Erdarbeiten:

Weite:	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300	Millimeter.	
Gewicht	7	12	18	24	32	40	48	58	68	77	99	Kilogr.	für 1 lauf. Meter
Röhrenlieferung . . .	120	180	230	310	410	520	620	750	880	960	1190	Pfennige	
Verlegen und Dichten	25	45	60	70	80	90	105	120	135	150	180	Pfennige	

Man erſieht hieraus die ſehr erheblichen Preisunterſchiede gegenüber Cementröhren etc.

Flanſchröhrenleitung koſtet noch erheblich mehr; man wird der Wahrheit ziem-

lich nahe kommen, wenn man hierfür etwa die $1\frac{1}{2}$-fachen Preife der Muffenröhrenleitung in Anfatz bringt.

Selbftverftändlich fchwanken alle diefe Preife innerhalb der durch den Markt gegebenen Preisveränderungen und je nach der Gröfse des Bedarfes; die angegebenen Beträge verftehen fich für den Bezug von mehr als 500 m. Der Grundpreis für den Röhrengufs wechfelt, wie aus obiger Tabelle erfichtlich, zwifchen 12 und 17 Mark für 100 kg, je nachdem Röhren von grofser oder von kleiner Lichtweite zur Beftellung gelangen.

Für die Einzelmafse der Röhren find Feftfetzungen des »Vereines der Gas- und Wafferfachmänner Deutfchlands«, fo wie des »Vereins deutfcher Ingenieure« als Normalien (fiehe Theil I, Band 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches«) mafsgebend; auch die Façon-Stücke wie Bogenröhren (Krümmer), Anfatzröhren, Uebergangsröhren, Doppelmuffen (Ueberfchieber) etc. find in der Normal-Tabelle dimenfionirt. Es ift ftets empfehlenswerth, nicht allein aus Erfparnifsrückfichten, fondern auch wegen des fpäter jederzeit möglichen leichten Erfatzes einzelner Beftandtheile einer Röhrenleitung, möglichft nur Normal-Façonftücke zu verwenden.

Die übliche Verbindung der Muffenröhren durch Einftemmen geölter Hanfftricke und Ausgiefsen mit Blei und jene der Flanfchröhren durch Zwifchenlage von Bleiringen oder Gummifcheiben haben wir bereits in Art. 415 (S. 406) angegeben. Die Muffenröhren können auch mit Gummidichtung verfehen werden, in welchem Falle der ganze Zwifchenraum zwifchen Muffe und Spitzende mit einem guten Gummiring, wie in Fig. 374 gezeichnet, ausgefüllt wird. Das Innere der Muffe mufs etwas kegelförmig fein und erhält ringförmige Austiefungen, in welchen fich der Gummiring, nachdem er beim Einfchieben platt gedrückt wurde, feft hält; die Muffentiefe *t* beträgt bei allen Lichtweiten in diefem Falle 95 mm.

Fig. 374.

t

Diefe Art der Röhrenverbindung ift fehr willkommen, wenn es fich um das Verlegen von Röhren unter ftarkem Wafferzudrange etc. handelt; für die im Trockenen zu verlegenden Röhren zieht man, Mangels genügender Erfahrungen über die Haltbarkeit, bezw. Dauer des Gummis, die Bleidichtung noch vor.

Aufser den gufseifernen Röhren werden, befonders für die Leitung fauerer Waffer, Afphaltröhren zu Druckleitungen benutzt; diefe Röhren unterliegen der Oxydation nicht; dagegen ift ihre Haltbarkeit erfahrungsgemäfs eine begrenzte. Immerhin find diefelben in den Fällen, in welchen Gufsröhren nicht zur Verwendung gelangen können und in welchen Waffer mit innerem Ueberdruck in der Leitung geführt werden mufs, empfehlenswerth.

Emaillirte gufseiferne Röhren werden manchmal zu Warmwafferleitungen, die unter innerem Ueberdruck ftehen, verwendet; fie find jedoch fehr theuer, und das Email löst fich auch hier unvermeidlich an manchen Stellen ab, fo dafs der Zweck, durch ihre Anwendung das Roften ganz zu verhüten, durchaus nicht immer erreicht wird. Zu Warmwaffer-Leitungen unter Druck empfehlen fich am beften die nach Art der Tonnen aus Dauben hergeftellten, mit eifernen Ringen zufammengehaltenen Holzröhren (Fäffer) oder, bei geringeren Waffermengen, einfach gebohrte Holzdeichel; Ausbefferungen kann man in keinem Falle entgehen.

In Frankreich hat man vielfach auch die fog. *Chameroy*-Röhren, welche aus verbleitem Eifenblech mit äufserem dicken Afphaltüberzug beftehen, im Gebrauche; für deutfche Verhältniffe dürften fie fich defswegen nicht eignen, weil bei gleichen Lichtweiten die Koften für das Meter Leitung wefentlich höher find, als bei Gufsröhren. Im Uebrigen haben fich diefe Röhren ftets gut bewährt.

Bei der gewöhnlichen Haus-Inftallation gelangen vorzugsweife galvanifirte (verzinkte) fchmiedeeiferne Röhren und Bleiröhren (Mantelröhren) zur Verwendung, deren Eigenfchaften wir bereits in Art. 415 (S. 407) erörtert haben. Verzinnte fchmiedeeiferne Röhren find nicht mehr im Gebrauche. Durch Verwendung gut galvanifirter fchmiede-

eiferner Röhren erzielt man, insbefondere bei höheren Preffungen, den Bleiröhren gegenüber wefentliche Erfparniffe. Die Nachtheile, welche man bei den galvanifirten fchmiedeeifernen Röhren mit in den Kauf nehmen mufs, haben wir bereits in Art. 415 (S. 407) angegeben; den gröfsten Umfang dürfte ihre Verwendung in Württemberg erreicht haben, wo fie faft ausfchliefslich bei allen Inftallationen und Zuleitungen angeordnet find und wo man im Allgemeinen ganz gute Erfahrungen damit gemacht haben will. In Norddeutfchland werden faft ausfchliefslich Bleiröhren und Mantelröhren (Bleiröhren mit Zinnmantel) in Gebrauch genommen.

Die Bleiröhren follten für den in nachfolgender Tabelle angeführten Leitungsdruck mindeftens die den verfchiedenen handelsüblichen Lichtweiten d beigefetzten Wandftärken δ und die Gewichte G haben (vergl. Art. 415, S. 408):

Druckhöhe	$d = 15$ mm		$d = 20$ mm		$d = 25$ mm		$d = 30$ mm		$d = 40$ mm		$d = 50$ mm	
	δ	G	δ	G	δ	G	δ	G	δ	G	δ	G
30 bis 50	4,0	2,70	4,5	3,90	5,0	5,35	5,5	7,00	6,5	10,80	8,0	16,50
50 bis 80	4,5	3,10	5,0	4,50	5,5	6,00	6,0	7,70	—	—	—	—
80 bis 120	5,0	3,55	5,5	5,30	6,0	6,60	—	—	—	—	—	—
Meter Wafferfäulenhöhe	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.	Millim.	Kilogr.
	für 1 laufendes Meter Baulänge.											

Für Druckhöhen über 50 m follte man Bleiröhren von 40 mm und darüber, für mehr als 80 m Druck folche von 30 mm und darüber nicht mehr anwenden.

Als guter Preis für Bleiröhren fammt Legen, jedoch ausfchliefslich Erdarbeit etc., ift, je nach Gröfse der Beftellung und nach Lage der ziemlich fchwankenden Marktpreife, 40 bis 50 Pfennig für das Kilogramm zu rechnen. Innen und aufsen verzinnte Bleiröhren (Mantelröhren) werden in allen oben angegebenen Mafsen und Gewichten zu den Preifen der Bleiröhren mit einem Zufchlage von 2 Pfennigen für das Kilogramm für jede Seite der Verzinnung, fertig verlegt, geliefert.

Dem gemäfs betragen die Höchftpreife für Bleiröhren *(B)* und Mantelröhren *(M)*, die letzteren nur innen verzinnt:

Wafferfäulenhöhe	$d = 15$ mm		$d = 20$ mm		$d = 25$ mm		$d = 30$ mm		$d = 40$ mm		$d = 50$ mm	
	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
30 bis 50	135	140	195	205	270	285	350	370	540	570	825	860
50 bis 80	155	160	225	235	300	315	385	405	—	—	—	—
80 bis 120	180	185	265	275	330	345	—	—	—	—	—	—
Meter.	Pfennige für 1 laufendes Meter Leitung.											

Gut galvanifirte fchmiedeeiferne Röhren werden in den Fabriken in Längen von ca. 4 m mit Gewinde und Muffe hergeftellt und haben bei ausreichender Widerftandsfähigkeit für 120 bis 150 m Wafferdruck folgende Gewichte G und Wandftärken δ:

$d = 15$ mm		$d = 20$ mm		$d = 25$ mm		$d = 30$ mm		$d = 40$ mm		$d = 50$ mm	
δ	G	δ	G	δ	G	δ	G	δ	G	δ	G
3 mm	1,3 kg	3 mm	1,9 kg	3,5 mm	2,6 kg	3,5 mm	3,5 kg	3,5 mm	4,5 kg	4 mm	6,0 kg

für 1 laufendes Meter Baulänge.

Die Preife find, je nach der Güte, fehr verfchieden. Erzeugnifs erfter Güte koftet für 1 laufendes Meter Baulänge, fertig verlegt, jedoch ausfchliefslich Erdarbeiten und Façon-Stücke:

$d =$	15	20	25	30	40	50	Millimeter.
$K =$	100	140	180	270	320	460	Pfennige.

Diefe Preife dürften, wie die vorhin für Bleiröhren angegebenen, als Höchftpreife anzufehen fein; im Allgemeinen find die Lieferpreife fchmiedeeiferner Röhren innerhalb gröfserer Grenzen fchwankend.

Die Verbindung der fchmiedeeifernen Röhren gefchieht durch Zufammenfchrauben derfelben, und zwar um eine Länge gleich dem Röhrendurchmeffer. Vor dem Verfchrauben wird zur Dichtung um das Gewinde ein mit Mennige getränkter Flachsfaden gelegt. Die mannigfaltigften Façon-Stücke geftatten das Verfolgen jeder beliebigen Richtung mit fchmiedeeifernen Röhren faft eben fo leicht, als mit Bleiröhren.

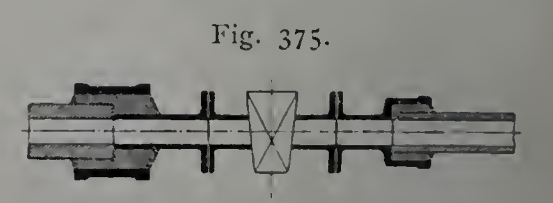
Röhren aus Zinn, Kupfer, Bronze und edleren Metallen werden, der hohen Koften wegen, für Wafferleitungszwecke felten angewendet. Sehr häufig dagegen findet man in der Verlängerung von feften Wafferleitungsröhren Schläuche aus Hanf, Gummi und einer Vereinigung beider Materialien, auch Baumwollfchläuche, im Gebrauche. Solche Schläuche werden für beliebige Preffungen hergeftellt und endigen in der Regel in einem Strahlrohre. Wir werden gelegentlich der Befprechung der Hydranten und Springbrunnen auf diefe Gegenftände zurückkommen.

Für die Façon-Stücke zu den gufseifernen Röhren beftehen Normalien; eben fo für die *Fittings* (Façon-Stücke zu fchmiedeeifernen Röhren), welch letztere hauptfächlich in Muffen, Knieftücken, **T**-Stücken, Kreuzftücken, **S**-Stücken, gefchloffenen und offenen Rückkehrbogen, Verlängerungsftücken, Kappen, Pfropfen, Deckenfcheiben, Deckenwinkel, Gegenmuttern, Flanfchen, Verfchraubungen, Nippel, Sauger etc. beftehen. Bei gröfseren gufseifernen Leitungen werden an den Kreuzungsftellen, von welchen verfchiedene Stränge abzweigen, Theilkaften, in der Leitung felbft von Strecke zu Strecke Spuntkaften angeordnet, deren Conftruction man ebenfalls als »Normal-Façons« in allen Preisverzeichniffen der Hüttenwerke findet. Theilkaften und Spuntkaften werden angewendet, um die Röhrenleitung entlüften, entleeren und von diefen Stellen aus vorkommendenfalls mittels Durchziehens von Röhrenbürften[302]), welche an lange Drähte befeftigt werden, reinigen zu können.

423.
Regelungs- und Spül-Einrichtungen; Ablaffen der Luft.

Zu den Regelungsvorrichtungen (Abfperrvorrichtungen) einer Röhrenleitung gehören die einfachen Schliefsen, die Schieber, Ventile, Hähne und Klappen. Befteht die Röhrenleitung aus Gufseifen, fo werden diefe Vorrichtungen mit Flanfchen oder Muffenverband eingebaut; befteht diefelbe aus Thonröhren oder Cementröhren, fo werden die letzteren auf kurze Strecken durch gufseiferne Zwifchenleitung erfetzt und durch Ueberziehen von Doppelmuffen ein dichter Verband zwifchen Thonröhren-(Cementröhren)-Leitung und gufseiferner Leitung hergeftellt (Fig. 375). Hat man es — wie bei den Hausleitungen meiftens der Fall — mit fchmiedeeiferner oder Bleiröhrenleitung zu thun, fo erfolgt das Einfetzen des Ventiles (Schiebers, Hahnes etc.) in der in Art. 416 (S. 409) gedachten Weife. Einfache, hauptfächlich bei Brunnenftuben zur Anwendung gelangende Schliefsen find am Keil nur auf einer Seite abgefchrägt; die Schlufsflächen find lothrecht (Fig. 376).

Fig. 375.

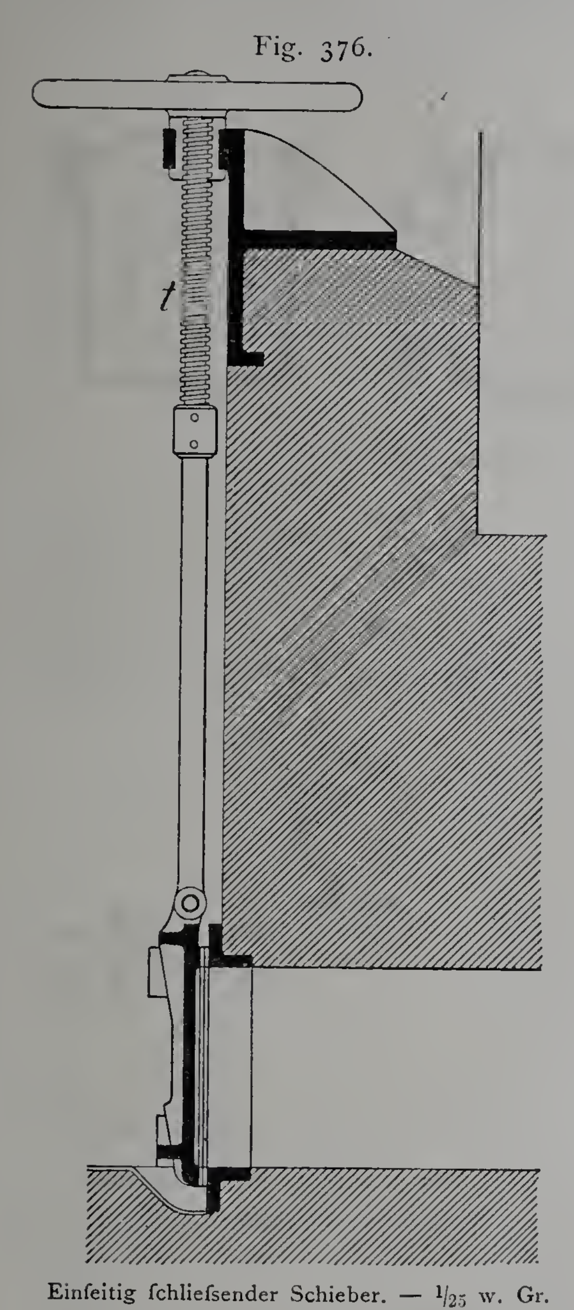


Verbindung gufseiferner und Thonröhren.

302) D. R.-P. Nr. 22390.

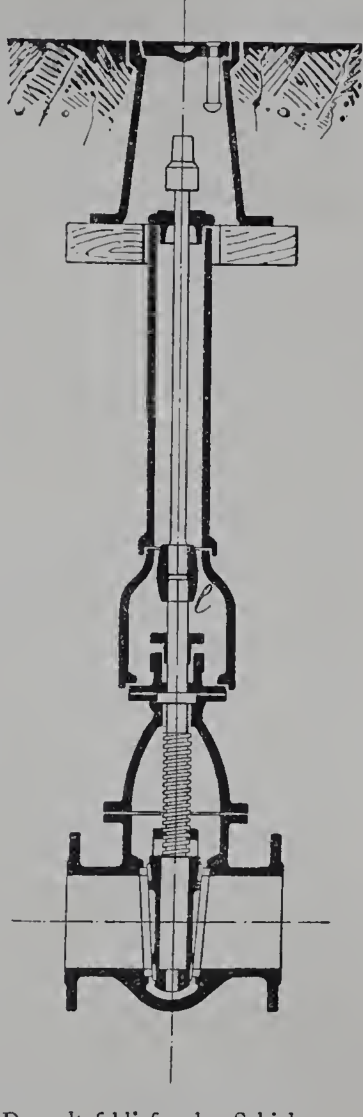
Eine bewegliche Schieberfpindel aus Bronze, welche mittels eines an feft ftehender Mutter drehbaren Handrades auf und ab bewegt werden kann, geftattet das Oeffnen und Schliefsen von Hand. Die Ringe am Keil und an der Sitzfläche müffen aus Bronze hergeftellt fein, um ein Anroften, bezw. Zufammenwachfen der Schlufsflächen zu verhindern. Die Führung für den Keil ift in das Mauerwerk eingelaffen und in gleicher Weife, wie der Keil, abgefchrägt, fo dafs beim Zudrehen der Schliefse die Schlufsflächen feft auf einander gepreſst werden.

Fig. 376.



Einfeitig fchliefsender Schieber. — $^1/_{25}$ w. Gr.

Fig. 377.



Doppelt fchliefsender Schieber. $^1/_{25}$ w. Gr.

Bei Schiebern mit doppelt fchliefsenden Sitzflächen werden die Gehäufe in Gufseifen angefertigt, während die Spindeln, Schraubenmuttern, fo wie die Dichtungsringe der Keile und der Gehäufe aus Bronze hergeftellt find.

Sollen diefe Schieber in die Erde eingebaut werden, fo erhalten fie eine mit Schutzröhren umgebene, in einem Vierkant unter der Strafsenkappe endigende Schlüffelftange, mittels welcher das Oeffnen und Schliefsen des Schiebers von der Strafse aus bewirkt werden kann, wie Fig. 377 darftellt. Stehen die Schieber in befonders erbauten Zugangsfchächten, fo wird am Ende der Bronze-Spindel bei *l* ein Handrad angebracht. Solche Schieber kommen bei Leitungsweiten von 40 mm aufwärts in Verwendung. Bei kleineren Lichtweiten (Hausleitungen etc.) verwendet man entweder Ventile (fiehe Art. 425, S. 436) oder *Peets*-Schieber (fiehe Art. 425, S. 437 u. Fig. 401).

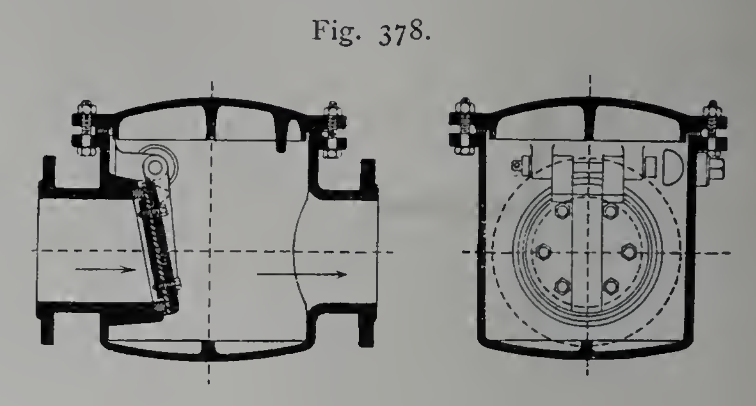
Die Schieber haben Ventilen gegenüber den in manchen Fällen fehr beachtenswerthen Vorzug, dafs fie in geöffnetem Zuftande keinen befonderen Widerftand in der Röhrenleitung erzeugen, während in den Ventilen, welche ohne Ausnahme wagrechte Schlufsflächen haben, auch in deren geöffnetem Zuftande ein ganz bedeutender Reibungswiderftand beim Wafferdurchfluffe entfteht.

Den eben gedachten Vortheil, Ventilen gegenüber, zeigen auch die Hähne, deren Conftruction in Fig. 362 u. 363 (S. 409 u. 410) dargeftellt wurde; die Nachtheile der Hähne haben wir in Art. 416 (S. 411) erwähnt, und es gelangen diefelben im Allgemeinen bei der Wafferverforgung (fiehe auch Art. 411) fehr felten mehr zur Anwendung.

Bei längeren Druckleitungen, insbefondere bei folchen, welche von Pumpwerken herkommen und unmittelbar zu Wafferbehältern führen, würde ein Röhrenbruch in

der Nähe der Pumpftation oder ein Offenlaffen der Schieber oder eines Leerlaufes dafelbft die Wafferverforgung rafch aufser Betrieb fetzen. Um fich gegen folche Vorkommniffe zu fichern, pflegt man ganz in der Nähe des mit Waffer zu verforgenden Gebäudes oder Gebäude-Complexes Klappenventile (Fig. 378) anzuordnen, welche die Bewegung des Waffers nur in der Richtung der in Fig. 378 eingezeichneten Pfeile geftatten, fich aber fofort fchliefsen, wenn eine rückgängige Bewegung beginnen will.

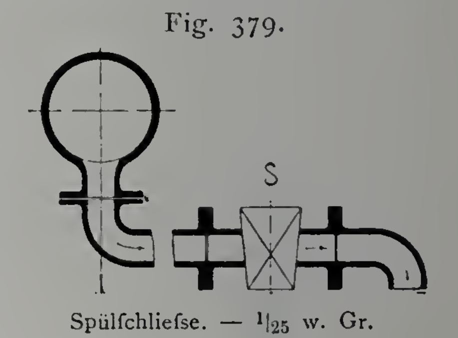
Fig. 378.



Klappenventil. — $^1/_{25}$ w. Gr.

An keiner für fich beftehenden Röhrenleitung dürfen die Vorrichtungen zum Entleeren fehlen. Bei den Hausleitungen werden diefelben in der Regel mit dem Privat-Haupthahn vereinigt; bei für fich beftehenden Zuleitungen find befondere Einrichtungen erforderlich, welche fo angeordnet werden müffen, dafs mit dem Entleeren auch das Spülen der Leitung erfolgen kann. Zu diefem Zwecke wird (wenn thunlich am tiefften Punkte des Längenprofils einer Leitung) an einem nach unten gerichteten Abzweige eine befondere Leitung angefchloffen, welche in das Freie, in einen Canal, in einen Senkfchacht etc. ausmündet (Fig. 379). Man erzeugt fodann durch ganzes oder theilweifes Oeffnen des Schiebers *S* einen lebhaften Wafferftrom in der Leitung, welcher fämmtliche noch nicht angeheftete Niederfchläge mitreifst und die Leitung fäubert. Wird die Spülung regelmäfsig und häufig genug vorgenommen, fo kann dadurch das Anfetzen der Niederfchläge an den Röhrenwänden ganz verhindert werden, was befonders bei gufseifernen, weiches und mit organifcher Subftanz beladenes Waffer führenden Röhrenleitungen von nicht zu unterfchätzender Wirkung ift.

Fig. 379.



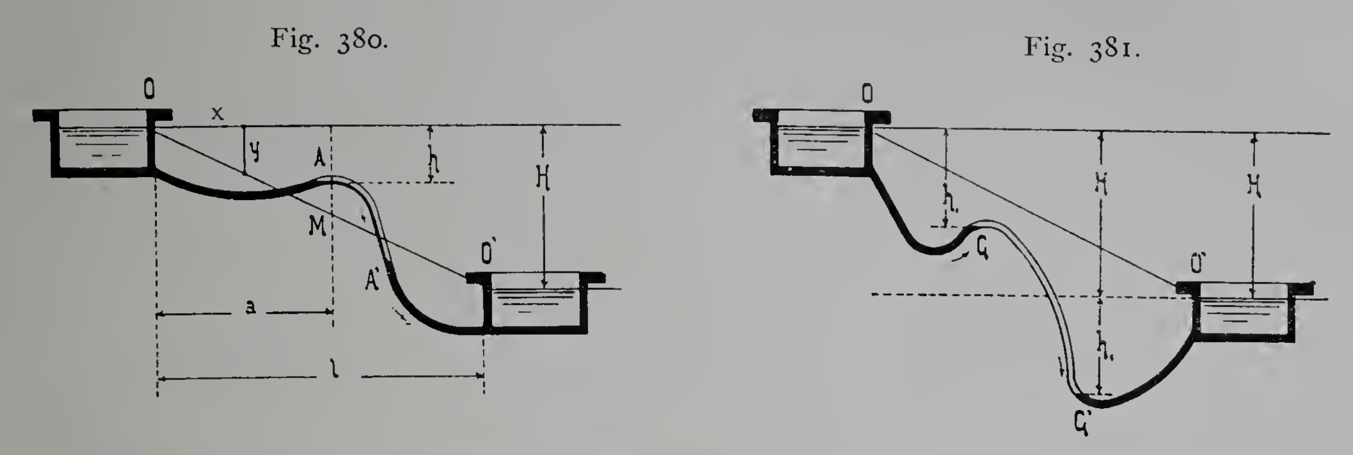
Spülfchliefse. — $^1/_{25}$ w. Gr.

Von gröfster Wichtigkeit für den Betrieb einer Wafferverforgung ift die Entfernung der Luft aus den Röhrenleitungen. Wir haben fchon in Art. 408 (S. 398) gefagt, dafs das Längenprofil einer Wafferzuleitung ganz beliebig gelegt werden kann, wenn man die höchften Punkte entlüftet und vermeidet, dafs die Preffung innerhalb der Leitung unter die atmofphärifche finkt. Die letztere Bedingung ift (fo fern man von befonderem Auspumpen der Luft etc. abfehen will) nur durch zweckentfprechende Anordnung des Längenprofils zu erfüllen. Die Entlüftung an den höchften Punkten gefchieht durch Standröhren, laufende Brunnen, Strahlapparate, Luftfchrauben, felbftwirkende Luftventile u. dergl.

Ift in O (Fig. 380) der mit der Atmofphäre in Verbindung ftehende Wafferbehälter (die Brunnenftube oder die auf einen Wafferbehälter zurückgeführte Pumpftation) für eine dafelbft abgehende Druckleitung und nennt man den bis zu irgend einer Stelle in der Entfernung x von O entftandenen Reibungswiderftand, als Wafferfäulenhöhe ausgedrückt, y, fo bezeichnet die Linie OO' mit den Ordinaten x und y ziemlich genau jene Lage der Röhre, bei welcher die Preffung in derfelben allerwärts gleich der atmofphärifchen wäre. Erhebt fich die Röhre über diefe Linie OO', fo finkt entweder die Preffung unter die atmofphärifche herab und die Leitung mufs als Heber wirken, worauf man fich nie verlaffen kann, weil das Waffer ftets mit Luft und Wafferdampf vermifcht ift; oder die Bewegung des Waffers vollzieht fich fo, als ob zwifchen beiden Wafferbehältern, bezw. den Punkten A und A', ein offenes Gerinne eingefchaltet wäre. Im letzteren Falle ergiebt fodann die Leitung eine Menge q, d. h. nur fo viel Waffer, als einer wirkfamen Druckhöhe h bei einer Leitungslänge a entfprechen würde, während eine von O bis O' voll laufende Leitung eine Menge

Q liefern müfste, entfprechend der wirkfamen Druckhöhe H auf die Entfernung l. Die Menge Q würde auch jede unterhalb oder in der Linie OO' mit ftetigem Gefälle verlaufende Leitung liefern, die in Fig. 380 dargeftellte Leitung jedoch nur dann, wenn durch Auspumpen der Luft in A der Querfchnitt ftets gefüllt erhalten wird und die Stelle A weniger als 10,33 m über dem Punkte M der Linie OO' liegt.

Hat die Leitung, wenn fie unterhalb OO' verläuft (Fig. 381), ein Gegengefälle, fo fammelt fich an diefer Stelle G eine Luftblafe an. Diefe Blafe wird zunächft bei G den wafferdurchlaffenden Querfchnitt



Längen-Profile von Druckleitungen.

der Röhre verengen, und das Ergebnifs der Leitung wird, wegen des hierdurch verurfachten befonderen Widerftandes, bei gleich bleibender wirkfamer Druckhöhe ein geringeres werden; unter Umftänden kann die Bewegung auch ganz aufhören. Denken wir uns einen Punkt G_1 um diefelbe Höhe h_1 tiefer unter dem Behälter O', als G unter O, fo halten fich die Wafferfäulen OG und $O'G_1$ Gleichgewicht und leiften keine andere Arbeit, als die Zufammenpreffung der zwifchen G und G_1 gelegenen Luftblafe. Ein derartiger labiler Gleichgewichtszuftand wird nicht fehr lange andauern können, weil die Luft wieder entweicht; es ftellt fich dann allmählig Bewegung her; diefelbe wächst, erreicht ein Höchftmafs, vermindert fich wieder, und wir lernen mit ihrer Verfolgung jenen Zuftand kennen, der uns in dem ungleichförmigen, gurgelnden Erguffe fchlecht gelegter Leitungen fo häufig in der Praxis entgegentritt.

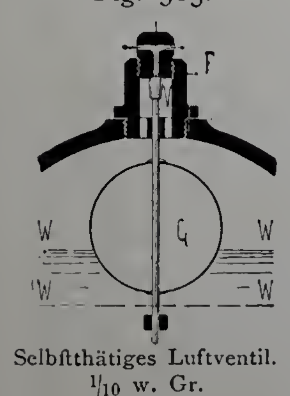
Würde man bei der Anordnung in Fig. 381 an der Stelle G eine Standröhre errichten, welche das Ueberlaufen des Waffers verhindert, fo könnte die Luft ftets entweichen, alfo eine Luftblafe bei G nicht entftehen; das Gleiche wird eintreten, wenn von G, d. h. vom Scheitel der Röhrenleitung, aus in ftetiger Steigung eine Zweigröhre zu einem höher gelegenen, ftändig laufenden Brunnen abgeht. Diefe Zweigleitung würde durch den gedachten Brunnen die Luft ftets entweichen laffen. Der gleiche Zweck würde erreicht, wenn in G ein Strahlapparat (fiehe Art. 412, S. 401) angebracht wäre, welcher unmittelbar von der Druckleitung betrieben werden kann.

Fig. 382.



Luftfchraube. – $^1/_{10}$ w. Gr.

Fig. 383.



Selbfthätiges Luftventil. $^1/_{10}$ w. Gr.

Statt diefer Hilfsmittel verwendet man an folchen Stellen auch einfache, von Hand zeitweife zu öffnende Luftfchrauben, wie in Fig. 382, oder felbftwirkende Luftventile, wie in Fig. 383 dargeftellt.

Bei der Luftfchraube werden durch Aufdrehen zwei Oeffnungen o, o frei, durch welche die Luft entweicht; ift fie entfernt, fo bringt das Zufchrauben die Dichtung d auf die Zuftrömung Z, fo dafs weder Waffer, noch Luft entweichen können. Bei den felbft wirkenden Luftventilen wird durch die Schwimmkugel G das Entweichen der Luft ermöglicht. Steht der Wafferftand unter der Schwimmkugel in der Wagrechten WW, fo wird der Auftrieb genügen, um den Verfchlufskolben V gegen die nach aufsen gehende Luftabftrömungs-Oeffnung F anzupreffen. Sinkt der Wafferftand auf $W'W'$ ab, fo hängt der Schwimmer G frei und wird felbftthätig herabfinken, wenn fein Gewicht gröfser ift, als das Product aus dem Ueberdrucke in der Röhrenleitung mit der Luftabftrömungs-Oeffnung F. Mit diefem Ueberdrucke wird er nämlich auch nach dem Sinken des Wafferftandes noch oben feft gehalten, und die Urfache des Nichtwirkens fo vieler felbftthätiger Luftventile befteht lediglich darin, dafs F zu grofs, bezw. G zu klein gewählt wurde, in

welchem Falle fich der Schwimmer feft faugt. Die ganze Einrichtung wird am höchften Punkte der Röhrenleitung in einen Theilkaften eingefetzt.

424. Auslaufvorrichtungen aufserhalb der Gebäude.

Aufserhalb der Gebäude, in Höfen und Gärten, werden vielfach Ausläufe einer Wafferverforgung angeordnet, welche theils zum Schutze gegen Feuersgefahr, theils zu Zwecken der Bewäfferung und Befprengung im Sommer, theils zur unmittelbaren Wafferentnahme für den häuslichen Gebrauch und endlich auch als Zierbrunnen dienen.

Die im Freien ftehenden Hydranten erfüllen in der Regel die erftgenannten drei Zwecke; zur Wafferentnahme für den häuslichen Gebrauch pflegt man frei ftehende oder Wandbrunnen, und zwar ftändig laufende oder mit Selbftfchlufshähnen verfehene aufzuftellen; Zierbrunnen können in allen möglichen Verwendungen in Erfcheinung treten, doch find fpringende Strahlen am häufigften im Gebrauche.

Bei den Hydranten find grundfätzlich zu unterfcheiden:

1) Hydranten, deren Verfchlufs in gemauerten Schächten liegt;

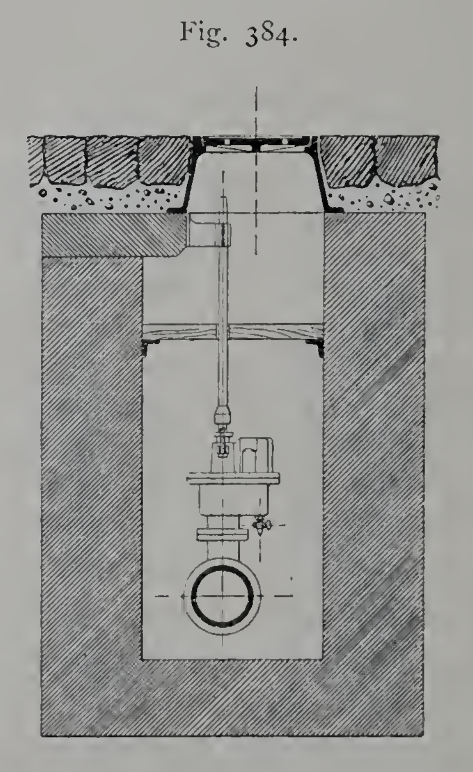
2) in die Erde eingebaute Hydranten mit Selbftentleerung, Schutzröhre und Strafsenkappe;

3) in die Erde eingebaute Hydranten ohne Selbftentleerung, mit Schutzröhre und Strafsenkappe, und

4) Ueberflur-Hydranten.

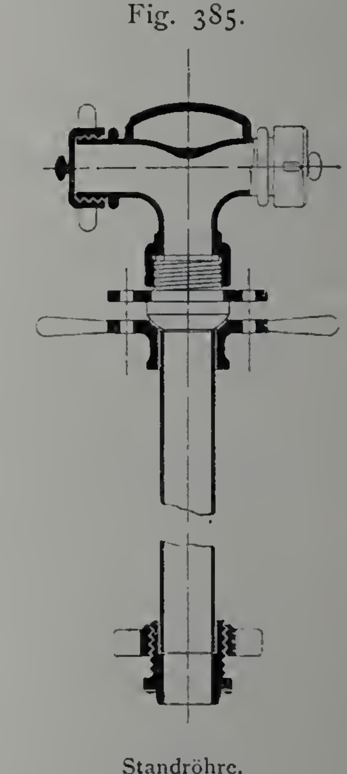
Die erftere Art von Hydranten (Fig. 384) ift die vollkommenfte, aber auch die theuerfte, indem der Schacht allein meiftens wefentlich mehr koftet, als die Gefammtherftellung der unter 2 und 3 genannten.

Fig. 384.



Im Schachte eingebauter Hydrant.
1/50 w. Gr.

Fig. 385.



Standröhre.
1/10 w. Gr.

Die Schächte müffen mindeftens eine Lichtweite von 0,70 bis 0,80 m haben, wenn fie noch zugänglich fein follen; beffer ift es fchon, die Lichtweite auf 1,0 m zu vergröfsern. Der Hydranten-Verfchlufs wird in eine Tiefe von mindeftens 1,2 bis 1,5 m unter Bodenfläche gelegt, und es ift vortheilhaft, einen Zwifchenboden im Schachte zur weiteren Schutzvorkehrung gegen fehr ftarken Froft einzufchalten, wie in Fig. 384 angedeutet.

Die über die Strafse reichende Standröhre (Fig. 385) wird mittels eines Bajonett-Verfchluffes am Ventilkaften befeftigt und das Ventil mit einem Steckfchlüffel von der Strafse oder dem Hofe aus geöffnet, wenn Waffer abgelaffen werden foll.

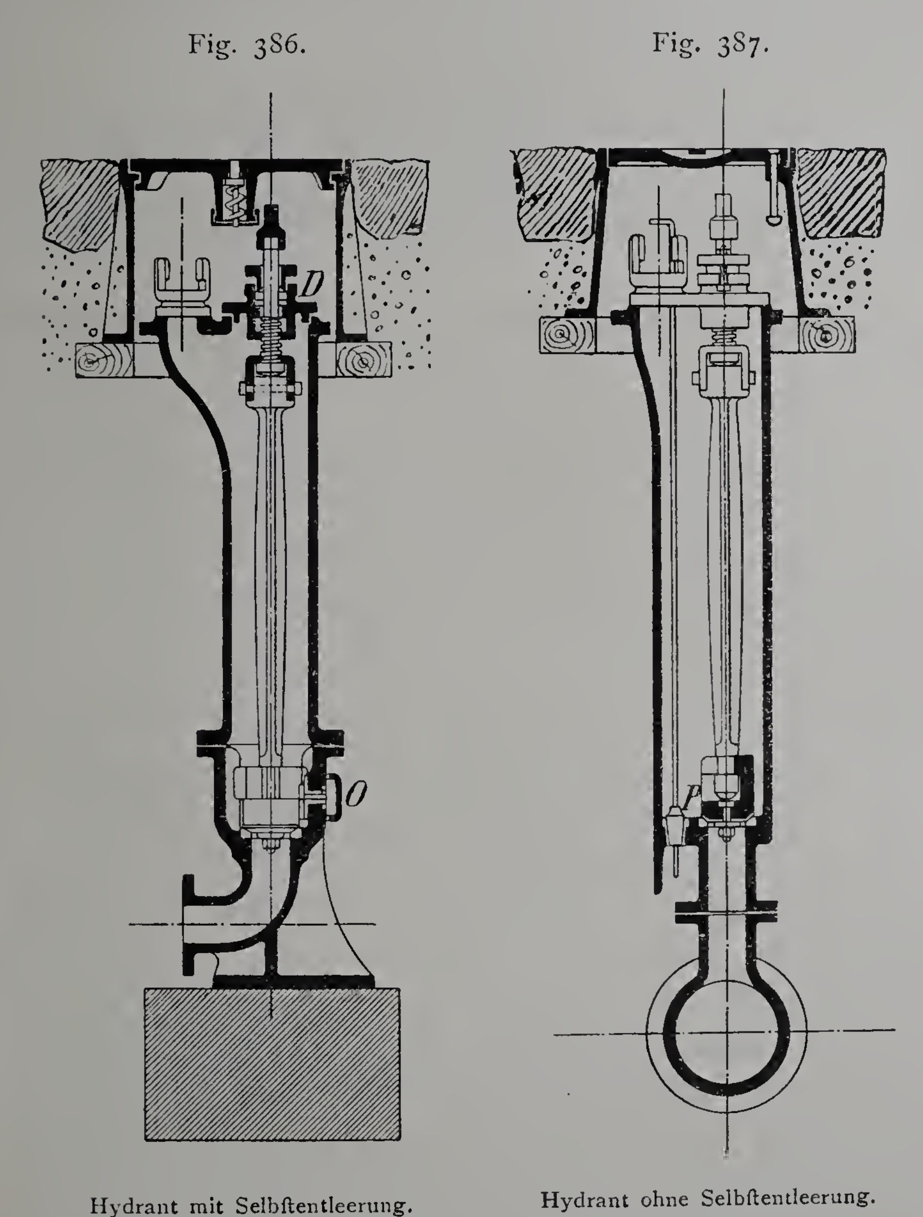
Diefe fog. Berliner Hydranten werden, wie die folgenden, in der Regel für 4 Lichtweiten der Standröhre hergeftellt: für 40, 50, 65 und 80 mm.

Ein in die Erde eingebauter Hydrant mit Schutzröhre, Strafsenkappe und felbftthätiger Entwäfferung ift in Fig. 386 dargeftellt. Es ift bei allen diefen Hydranten, deren es von verfchiedenartigfter Conftruction giebt, erftes Erfordernifs, dafs der Verfchlufs nachgefehen und ausgebeffert werden kann, ohne aufgraben zu müffen. Die Erfüllung diefer Bedingung macht es unmöglich, den Hydranten fo zu conftruiren, dafs er in der Zwifchenftellung (zwifchen vollftändigem Oeffnen und Abfchlufs) kein Waffer entweichen läfft; wenn das Ventil nach völligem Zu-

drehen der Spindel geſchloſſen iſt, ſoll die Entwäſſerungsöffnung *O* ganz geöffnet ſein. Es kann alſo der Verſchluſs dieſer Oeffnung (welcher in Fig. 386 durch einen elaſtiſchen Führungsring unter Mitwirkung des Waſſerdruckes erfolgt) beim Aufdrehen des Hydranten erſt dann wieder ein vollſtändiger ſein, wenn die Spindel um den Durchmeſſer der Oeffnung *O* gehoben iſt. In der Zwiſchenſtellung wird durch *O* Waſſer unter Druck entweichen. Wird bei dieſer Art von Hydranten der Deckel *D* gelöst, ſo kann die ganze Verſchluſsvorrichtung herausgezogen werden; ſelbſtverſtändlich muſs vorher die Leitung abgeſtellt ſein.

Verzichtet man auf den eben bezeichneten Vortheil, ſo kann der Hydrant leicht ſo conſtruirt werden, daſs er in der Zwiſchenſtellung kein Waſſer entweichen läſſt, ſondern nur die Steigröhre ſich entleert. Ein derartig conſtruirter Hydrant iſt in dem unten genannten Werke[303]) dargeſtellt.

Fig. 386. Fig. 387.



Hydrant mit Selbſtentleerung. Syſtem *Lueger*. — 1/25 w. Gr.

Hydrant ohne Selbſtentleerung. 1/25 w. Gr.

Hydranten der letzteren Art können in jedem Boden, ſolche mit Waſſerverluſten in der Zwiſchenſtellung in Böden, welche ſehr wenig Waſſer aufnehmen, nicht aufgeſtellt werden.

In vielen Fällen vollzieht ſich die Selbſtentleerung nicht ſeitlich an der Steigröhre, ſondern durch die Spindel, welche den Verſchluſs bewirkt. Sehr zu beachten iſt, daſs die Oeffnungen *O* für die Entleerung mit Meſſing ausgebüchst werden müſſen, da ſie anderenfalls raſch zuroſten, worauf dann das Waſſer in der Hydranten-Steigröhre ſtehen bleibt.

Der letztgenannte Uebelſtand ſowohl, als auch die nicht unbedeutenden Waſſerverluſte der eben genannten Hydranten in der Zwiſchenſtellung haben zu der unter 3 gedachten Hydranten-Conſtruction geführt, wie ſie in Fig. 387 dargeſtellt iſt.

Bei dieſer Conſtruction entleert ſich nach gemachtem Gebrauche des Hydranten die Steigröhre nur dann, wenn durch Heben der in derſelben ſtehenden Stange der Pfropfen *P* entfernt und dort ein Abfluſs eröffnet wird. Da man die Hydranten im Winter wenig benutzt, im Sommer aber das Stehenbleiben des Waſſers in der

303) Gerstner, E. Hofwaſſerwerk zu Karlsruhe. Karlsruhe 1871.

Steigröhre keine Nachtheile hat, fo ift diefe höchft einfache Conftruction in vielen Fällen, befonders bei Garten-Hydranten, zu empfehlen. Allerdings ift zu beforgen, dafs bei etwaiger Nichtentleerung oder bei undichtem Verfchluffe der Hydrant im Winter einfriert; in einzelnen Gebäuden und felbft in gröfseren Gebäudegruppen hat man jedoch meiftens die nöthige Zeit, um diefe Einrichtungen nachzufehen. Mufs das verbrauchte Waffer nach Meffern bezahlt werden, fo gewährt der Umftand, dafs fich jede Undichtheit des Wafferabfchluffes gegen die Leitung in diefem Hydranten fofort durch das Anfteigen der Wafferfäule in der Steigröhre kundgiebt, auch eine angenehme Controle des Verfchluffes, welche bei dem unter 2 genannten Hydranten fchwieriger ift, weil dort die Verlufte durch die der Selbftentleerung dienende Oeffnung unbemerkt entweichen können.

Die Koften für Anfchaffung der eben gedachten Hydranten berechnen fich, abgefehen von den Koften der Standröhren und des Schachtes, für den unter 1 angeführten Berliner Hydranten und (ausfchl. der Koften für die Erdarbeiten und das Verfetzen, jedoch einfchl. der Strafsenkappen) für die unter 2 und 3 üblichen Conftructionen wie folgt:

Art der Hydranten:	Lichtweite der Ausflufsröhre (Standröhre)			
	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm
Berliner Modell (Schacht-Hydrant)	15 bis 20	20 bis 26	30 bis 33	35 bis 40
Hydrant mit einfacher felbftthätiger Entwäfferung	36 bis 42	48 bis 55	70 bis 80	90 bis 100
Hydrant ohne felbftthätige Entwäfferung . . .	45 bis 50	55 bis 60	65 bis 72	75 bis 85
	Mark.			

Das Auffinden und Oeffnen der feither befchriebenen Hydranten bei Nacht und im Winter, wenn Schnee liegt, hat in manchen Fällen zu Unzuträglichkeiten geführt, welche man durch die in Fig. 388 dargeftellte Anordnung der fog. Ueberflur-Hydranten zu vermeiden fuchte. Die letzteren haben im Wefentlichen die gleiche Conftruction, wie die unter 2 genannten mit felbftthätiger Entleerung der Steigröhre; es ift jedoch die Handhabung des Ventiles von oben eher möglich, indem die Spindel etwa 1 m über Bodenfläche in einer gufseifernen, über den Boden aufragenden und defshalb leicht auffindbaren Standfäule hoch geführt ift, an welcher fich auch die Schlauchverfchraubungen, die in der Regel paarweife angeordnet werden, befinden. Solche Anordnungen find fehr bequem und eignen fich gut an allen jenen Stellen, welche nicht befahren werden; fie laffen fich jedoch wegen Mangels an geeigneten Plätzen nicht überall durchführen und find felbftverftändlich, je nach Ausftattung, erheblich theuerer, als die in die Erde eingelaffenen Hydranten-Conftructionen. Man darf für ihre Anfchaffung und Aufftellung für das Stück den Preis von 150 bis 200 Mark annehmen.

Hydranten mit kleineren Lichtweiten der Ausflufsröhren werden auch vielfach in Gärten und im Inneren der Gebäude verwendet. Die letzteren finden in Art. 425 Erwähnung; die Garten-Hydranten werden im Winter nicht benutzt, und es find defshalb bei denfelben befondere Einrichtungen zum Schutze gegen Froft nicht nöthig. Die am häufigften getroffene Anordnung für Gufseifenröhren ift in Fig. 389 dargeftellt; doch giebt es, je nach Art ihrer Verbindung mit der Röhrenleitung, welch letztere auch aus galvanifirten fchmiedeeifernen Röhren oder Bleiröhren beftehen kann, auch

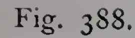
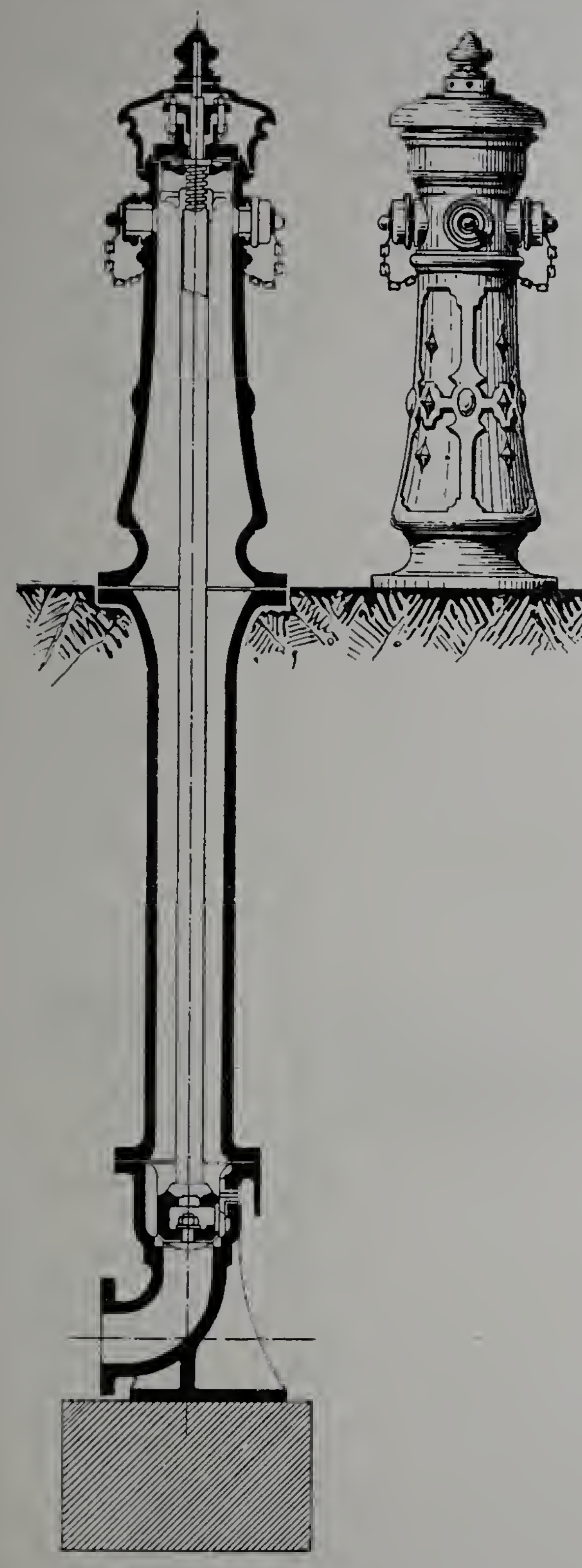
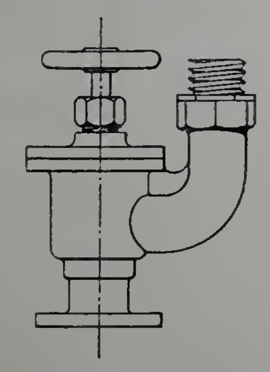


Fig. 388.



Ueberflur-Hydrant. — $^1/_{25}$ w. Gr.

Fig. 389.



Garten-Hydrant. — $^1/_{10}$ w. Gr.

hiervon abweichende Conſtructionen. Dieſe Hydranten koſten in der Regel für das Stück nicht mehr als 15 bis 20 Mark.

Man findet noch in vielen, beſonders in Gebirgsgegenden, auſserhalb der Gebäude zur Trinkwaſſerentnahme für Menſchen und Hausthiere ſtändig laufende Brunnen angeordnet. Die Einrichtung derſelben iſt ſehr einfach: eine mit Stellhahn verſehene Zuleitungsröhre ſteigt in einem in der Regel aus Stein oder Eiſen hergeſtellten Brunnenſtock in die Höhe und mündet etwa 1,20 bis 1,30 m über dem Boden in das Freie. So weit die Röhre aus dem Brunnenſtock heraustritt, wird dieſelbe etwas verengt und ergieſst ſodann das Waſſer in lothrechtem oder paraboliſchem Strahle in eine Brunnenſchale, welch letztere mehr oder weniger groſs angeordnet wird, je nachdem ſie als Vorrathsbehälter (zum Viehtränken, Schöpfen mit Gieſskannen und Eimern etc.) dienen ſoll oder nicht. Das Waſſer aus den Röhren ſolcher Brunnen iſt im Sommer natürlich ſtets friſcher, als jenes aus den Hausleitungen, und ein Einfrieren im Winter iſt nicht zu beſorgen. Bemerkt ſei noch, daſs es ſtets rathſam iſt, eine beſondere Röhre im Brunnenſtock hoch zu führen; niemals ſollte man den Brunnenſtock ſelbſt als Steigröhre benutzen, weil derſelbe dabei unvermeidlich zerſtört wird.

Im Uebrigen werden häufig im Freien auch Zapfbrunnen angewendet. Die Anordnung eines Wandbrunnens im Hofe haben wir bereits in Art. 421 (S. 419) u. Fig. 373 gegeben; an gleicher Stelle haben wir auf frei ſtehende Zapfbrunnen hingewieſen, welche in Fig. 390 u. 391 dargeſtellt ſind.

In Fig. 390 ſehen wir einen Brunnen, bei welchem durch Drücken auf den oberen Knopf an der Standſäule ein Ventil geöffnet wird; dieſes Ventil ſchlieſst ſich ſelbſtthätig, ſobald der Druck auf den Knopf aufhört. Fig. 391 ſtellt einen Zapfbrunnen dar, welcher auch im Winter im Betriebe bleiben kann; durch das Aufheben eines Hebels wird ein mit Gegengewicht ausbalancirter Kolben auf die Führungsſtange des Einlaſsventils gedrückt und dadurch der Auslauf bewirkt; beim Loslaſſen des Hebels heben das Gegengewicht und der Druck des Waſſers in der Auslaufröhre nach geſchloſſenem Ventile den Kolben wieder in die Höhe, und das Waſſer ſinkt

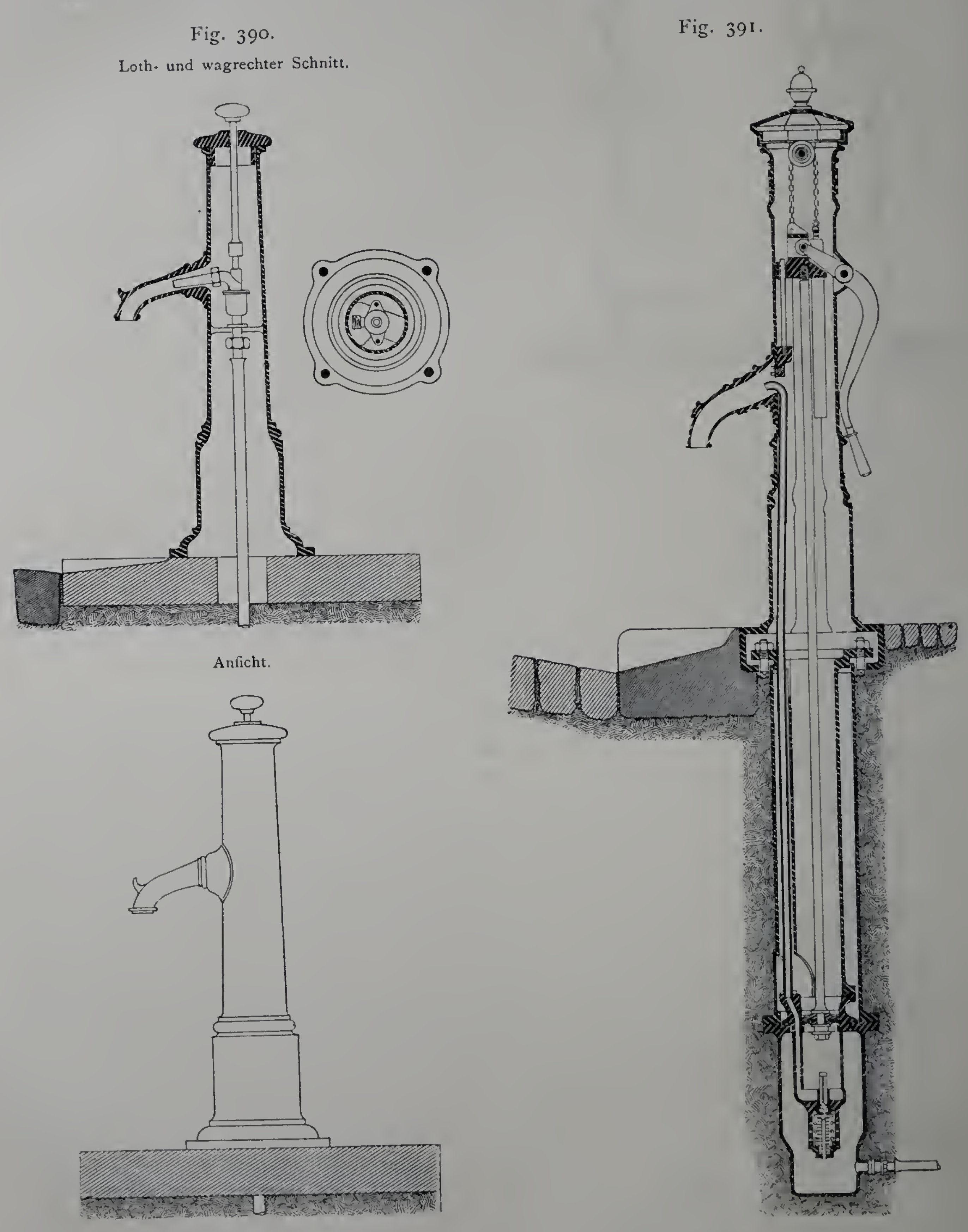
auf eine Tiefe hinab, in welcher es nicht mehr einfrieren kann. Ausbefferungen an der Einrichtung können ohne Ausfchachten des Brunnens erfolgen.

Aehnliche Einrichtungen wie in Fig. 391 beftehen in grofser Menge; die Koften eines folchen Auslaufftänders belaufen fich, je nach Ausftattung, auf 250 bis 300 Mark und höher.

Fig. 390.

Loth- und wagrechter Schnitt.

Fig. 391.



Anficht.

Auslaufftänder. — $^1/_{15}$ w. Gr.

Auslaufftänder. — $^1/_{20}$ w. Gr.

Stehen bei einer Wafferverforgung reichliche Waffermengen zur Verfügung, fo werden derartige Brunnen felten angewendet; in der Regel wird an Stelle derfelben ein einfacher Zapfhahn (fiehe Art. 425, S. 436) eingerichtet, hinter deffen Ventil eine ca. 1 mm weite Oeffnung angebracht ift. Das durch diefe Oeffnung ftändig in die Brunnenfchale entweichende Waffer verhindert durch ftetes Nachziehen wärmeren Waffers aus der Zuleitung das Einfrieren der Steigröhre in wirkfamfter Weife.

Als ganz beſonders wirkſame Zierde öffentlicher und privater Gebäude wurden von jeher die Springbrunnen und Waſſerkünſte aller Art betrachtet. Ueber Zuleitungen zu ſolchen Anlagen haben wir bereits in Art. 420 (S. 418) abgehandelt; es iſt zur Erzielung ſchöner Waſſerſtrahlen angemeſſen, keine gröſsere ſecundliche Geſchwindigkeit in der Zuleitung, als 1 m eintreten zu laſſen.

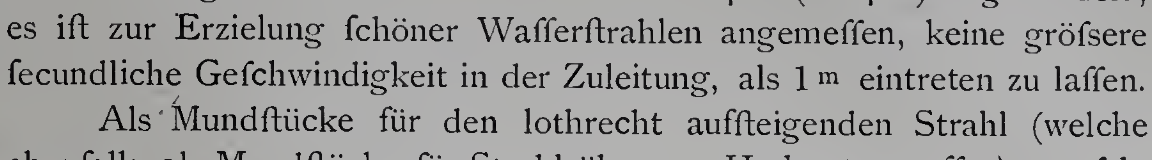


Fig. 392.

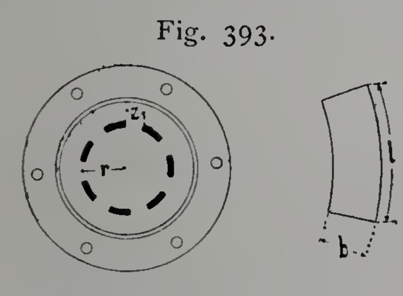
Mundſtück für Springbrunnen.
1/10 w. Gr.

Als Mundſtücke für den lothrecht aufſteigenden Strahl (welche ebenfalls als Mundſtücke für Strahlröhren zu Hydranten paſſen) empfehlen ſich erfahrungsgemäſs ſolche am beſten, welche auf eine Strecke $h = 1{,}5$ bis $2{,}0\ d$ (Fig. 392) rein cylindriſch ſind und ſich gegen die Strahlröhren trompetenartig erweitern.

Da man für einen mächtigen geſchloſſenen Strahl ſehr viel Waſſer verbraucht, ſo hat man denſelben bei gröſseren Springbrunnen durch eine ſog. Sprungplatte (Fig. 393) getheilt. Dieſe Platte iſt auf das beſte für die Erreichung eines ſchönen Strahles geeignet, wenn die Oeffnungen in derſelben durch Zwiſchenräume z unterbrochen ſind, wobei $z = \frac{3\,l}{4}$, $b = \frac{2\,l}{7}$ und $l = 0{,}55\ r$.

Stehen eine groſse Druckhöhe und verhältniſsmäſsig wenig Waſſer zur Verfügung, ſo pflegt man zur Erreichung eines ſchönen Strahles das Mundſtück des Springbrunnens tiefer, als der Waſſerſpiegel im Becken iſt, zu legen. In dieſem Falle reiſst der aufſteigende Strahl ſtets Waſſer aus dem Becken mit empor und erſcheint — allerdings auf Koſten ſeiner Höhe — viel reichlicher. Je tiefer man das Mundſtück ſenkt, um ſo niedriger wird der Strahl, bis er ſich endlich zu einem Sprudel umformt[304]).

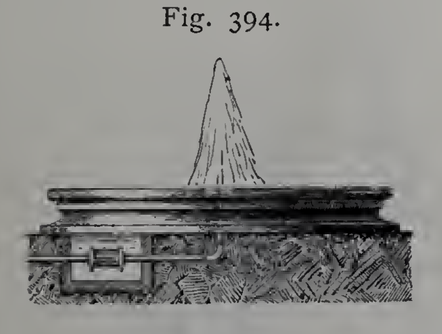
Fig. 393.



Sprungplatte für Springbrunnen.
1/10 w. Gr.

Will man bei hohem Drucke einen oder mehrere Vollſtrahlen reichlich mit Waſſer ſpeiſen, aber nur auf geringe Höhen (Weiten) ſpringen laſſen, ſo kann man durch einen nach Art der Strahlapparate conſtruirten Sauger (vergl. Art. 412, S. 401) Waſſer aus dem Becken nachſaugen und, je nach dem verfügbaren Drucke, durch das Mundſtück erheblich mehr Waſſer auswerfen laſſen, als von der Waſſerverſorgung her zuflieſst (Fig. 394). Der Strahlapparat wird in die Zuleitung eingeſchaltet und möglichſt tief in das Becken gelegt, damit er ſtets reichlich mit Waſſer umgeben iſt; von dieſem Waſſer ſaugt er ab und wirft es von neuem wieder aus, und zwar um ſo mehr, je kleiner die Wurfweite und je gröſser im Verhältniſs zu dieſer der Waſſerdruck in der Zuleitungsröhre iſt.

Fig. 394.



Springbrunnen mit Sauger.
1/300 w. Gr.

Sehr zu beachten iſt bei allen Springbrunnen, daſs die Gröſsen der Becken im richtigen Verhältniſſe zur Strahlhöhe ſtehen; für kleinere Schalen muſs man alle hohen Strahlen vermeiden, weil dieſelben vom Winde über die Beckeneinfaſſung hinaus geworfen werden, wodurch ſich die Umgebung des Springbrunnens in einen Sumpf verwandelt. Um ſo beſſer läſſt ſich aber bei

---

304) Ueber BOECKMANN's patentirte Mündungsſtücke ſiehe: Deutſche Bauz. 1881, S. 573. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 181.

kleinen Becken und niedrigem Strahle eine etwa vorhandene grofse Wafferdruckhöhe in der Zuleitungsröhre zur Erfparnifs von Waffer bei gutem Effecte benutzen, was leider fo wenig gefchieht.

Bei Anlage von fehr grofsen Springbrunnen mit vielerlei und verfchieden hohen Strahlen empfiehlt es fich fehr, die Ventile oder Schieber, mittels welcher die einzelnen Strahlen geftellt werden, fämmtlich in einen einzigen Schacht oder noch beffer in einen Raum zu verlegen, von welchem aus man jeden Strahl überfehen kann. Nur auf diefe Weife ift ohne grofse Umftände rafch ein gutes Zufammenwirken der einzelnen Strahlen zu erzielen.

Bezüglich der architektonifchen Geftaltung der Springbrunnen, eben fo auch der Wandbrunnen, insbefondere wenn ein mehr monumentaler Charakter angeftrebt wird, fei auf Theil IV, Halbbd. 8 diefes »Handbuches« (Abth. VIII, Abfchn. 2, Kap. 3) verwiefen.

425.
Haus-
einrichtungen.

Innerhalb der Gebäude führen die einzelnen Leitungen das Waffer den für die mannigfaltigften Zwecke angebrachten Zapfftellen zu, und es werden hierzu Ventile und Zapfhähne der verfchiedenften Conftruction verwendet.

Man wird unterfcheiden können:

1) einfache Entnahme durch Zapfhahn,
2) Entnahme durch ftändigen Auslauf und
3) Entnahme mittels Schwimmkugelhahnes zur Füllung von Behältern.

Die Zapf- oder Ausflufshähne follen einen kleineren Querfchnitt haben, als die Leitungsröhre, von der fie gefpeist werden.

Für die Conftruction der Zapfhähne gilt unter allen Umftänden die Regel, dafs bei Leitungen, welche unter höherem Drucke ftehen, nur Abfchlufsvorrichtungen zur Verwendung kommen dürfen, bei denen ein plötzlicher Abfchlufs des Waffers und eine hieraus fich ergebende Stofswirkung in der Leitung nicht ftattfinden können. Es find daher, wie bereits früher erwähnt wurde, Kegelhähne nicht ftatthaft, fondern

Fig. 395.

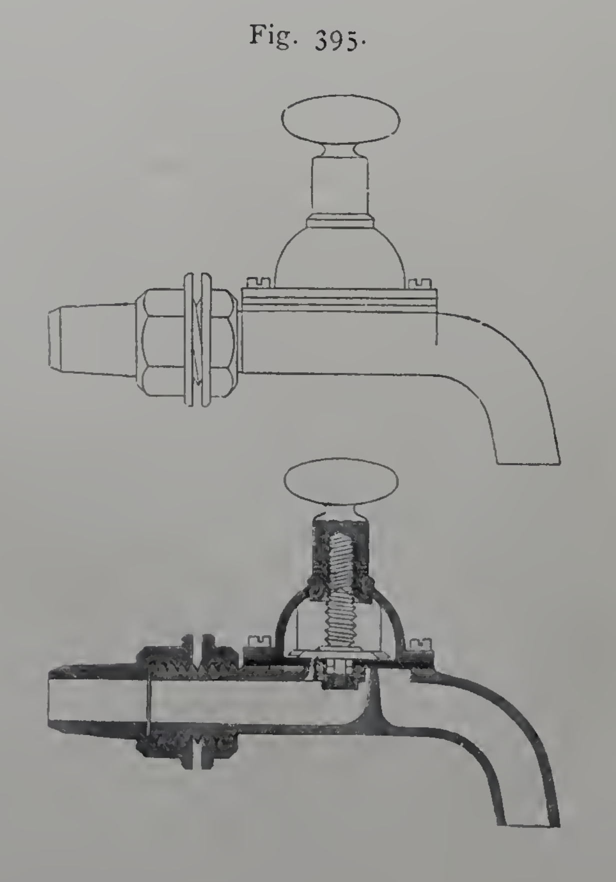
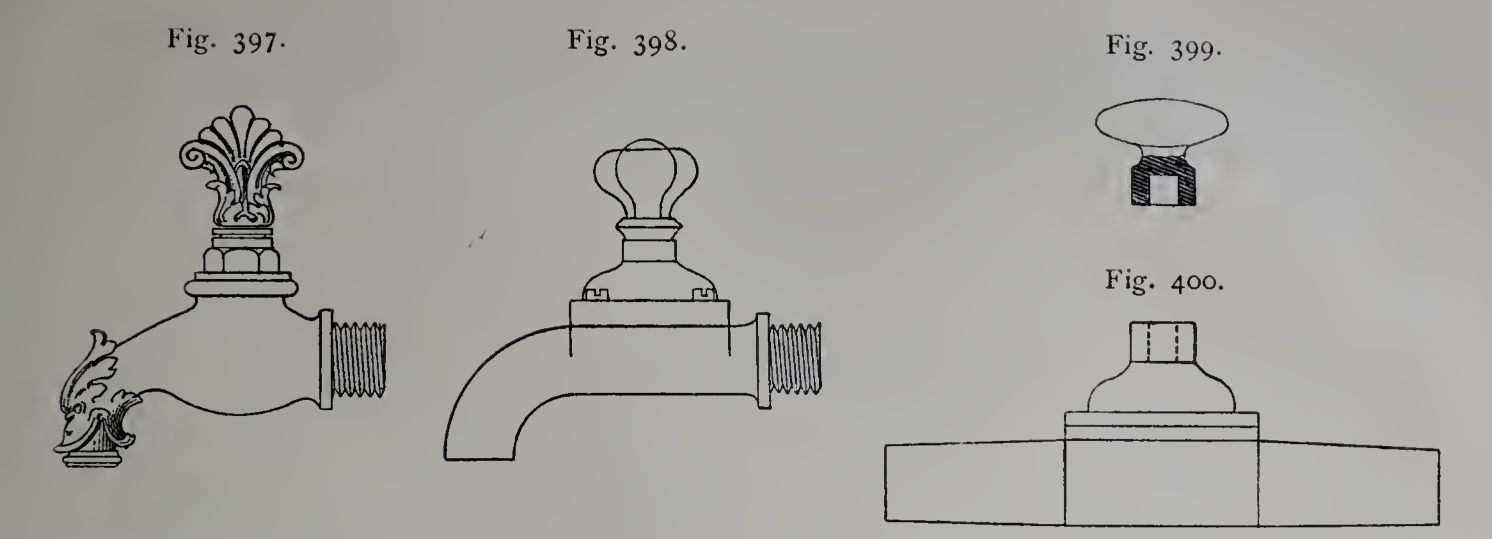


Fig. 396.

Niederfchraubhähne.

1/3 w. Gr.

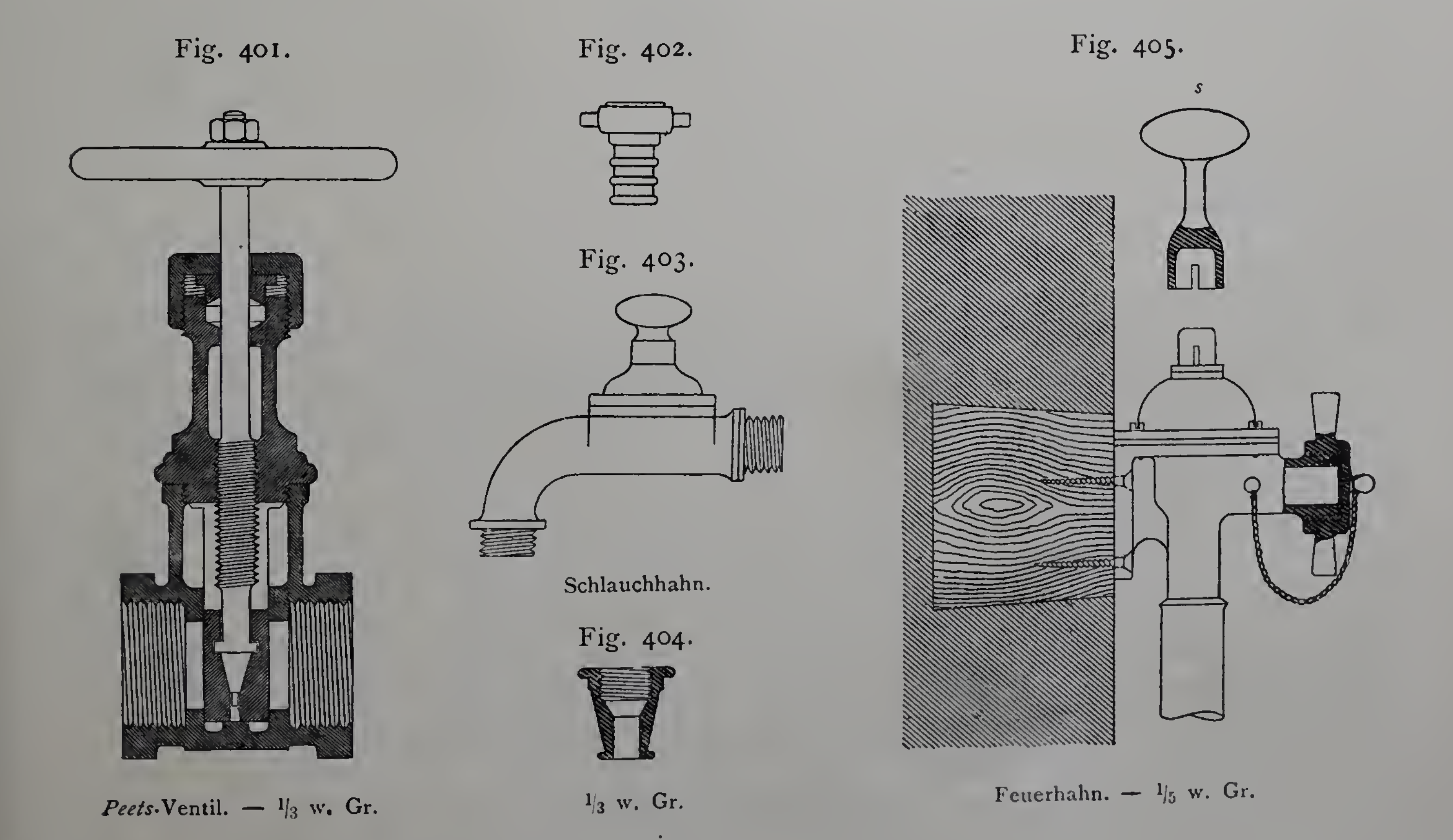


Niederſchraubhähne. — $^1/_3$ w. Gr.

nur Ventile, bei welchen durch mehrmaliges Umdrehen eines Handgriffes das Oeffnen und Abſchlieſsen erfolgt. Sie werden am beſten aus Meſſing oder Rothguſs hergeſtellt und waſſerdicht geſchliffen.

Die gebräuchlichſten Formen dieſer Niederſchraubhähne ſind die Gummi-Niederſchraubhähne (Fig. 395) und die Ventilhähne (Fig. 396). Ihre Ausführung kann je nach dem Zwecke eine mehr oder weniger reich ausgeſtattete ſein, wie aus Fig. 397 u. 398 erſichtlich iſt. Soll der Hahn nur beſtimmten Perſonen zugänglich ſein, ſo erhält derſelbe bloſs ein von einer Blechhülſe umgebenes Schlüſſel-Vierkant (Fig. 399), ſo daſs das Oeffnen und Schlieſsen nur mittels eines aufgeſetzten Schlüſſels (Fig. 400) erfolgen kann.

Eine andere Conſtruction eines Ventils, und zwar des ſog. *Peets*-Ventils, iſt aus Fig. 401 erſichtlich. Das Auf- und Abbewegen zweier Schieberplatten geſchieht ebenfalls mittels einer Schraube; die Platten werden in ihrer richtigen Stellung durch einen als Keil wirkenden Kegel an ihre Sitzflächen angedrückt.



Peets-Ventil. — $^1/_3$ w. Gr.

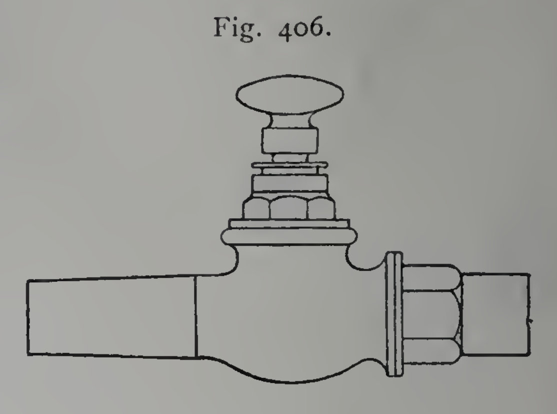
Schlauchhahn.

$^1/_3$ w. Gr.

Feuerhahn. — $^1/_5$ w. Gr.

Beabfichtigt man das Waffer zeitweilig mittels eines Schlauches vom Hahne aus weiter zu leiten, fo erhält der Auslauf des Hahnes ein Schraubengewinde, mittels deffen die Schlauchverfchraubung (Fig. 402) befeftigt wird. Ein derartiger Hahn wird mit dem Namen Schlauchhahn bezeichnet; feine Conftruction ift aus Fig. 403 erfichtlich. Benutzt man diefen Hahn längere Zeit zur einfachen Wafferentnahme, fo kann man das Schraubengewinde durch ein aufgefchraubtes Mundftück (Fig. 404) verdecken.

Fig. 406.



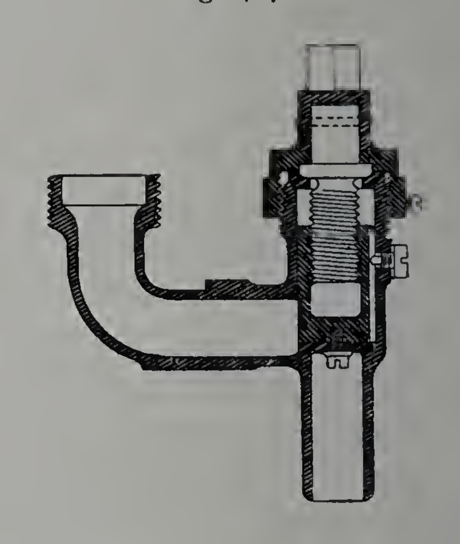
Durchgangsventil. — 1/3 w. Gr.

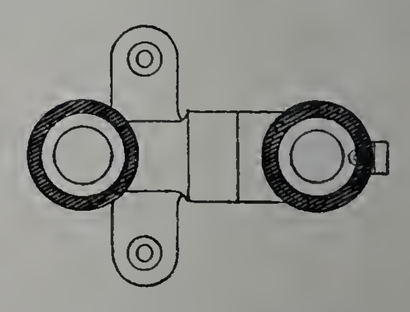
Grundfätzlich dem Schlauchhahne vollftändig gleich, aber nur einfacher und in gröfseren Abmeffungen ausgeführt, ift der Feuerhahn (Fig. 405); derfelbe foll nicht zur gewöhnlichen Wafferentnahme benutzt werden und ift daher auch nicht ohne Schlüffel *s* zugänglich.

Beide Arten von Hähnen, die Gummi-Niederfchraub- und die Ventilhähne, werden auch als Abfperrvorrichtungen für einzelne Leitungen verwendet und werden in diefer Form mit dem Namen Durchgangsventile bezeichnet. Sie erhalten dann beiderfeitig Stutzen zum Einlöthen und find durch Fig. 401 u. 406 verdeutlicht.

Das Schlauchventil findet in etwas veränderter Form auch als Sprengventil für Gärten (Fig. 407) Verwendung, indem daffelbe auf eine Holzbohle gefchraubt und, mit einer Schutzkappe überdeckt, an die Ränder der Gartenwege gefetzt wird (fiehe Art. 424, S. 433 u. Fig. 389).

Fig. 407.





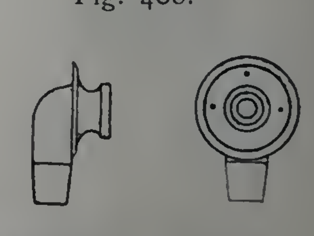
Sprengventil. — 1/5 w. Gr.

Die Verbindung der Zuleitung mit dem Hahne erfolgt entweder durch eine Wandfcheibe (Fig. 408), welche auf einem in die Wand eingelaffenen Holzdübel mittels Holzfchrauben befeftigt wird und daher zugleich zur foliden Befeftigung des Hahnes an der Wand dient, oder unmittelbar durch Löthung.

Es mufs hier noch einer Art von Ventilen Erwähnung gefchehen, und zwar der Selbftfchlufs-Ventile, welche in neuerer Zeit in den verfchiedenften Conftructionen aufgetreten find, verurfacht durch einen von der Gemeinde Wien im Jahre 1878 hervorgerufenen Wettbewerb[305]).

Das Wefentlichfte diefer Ventile befteht darin, dafs man durch eine Drehung, einen Druck oder Zug mit der Hand das Ventil öffnet, durch einfaches Loslaffen aber einen felbftthätigen Abfchlufs des Ventils herbeiführt. Es foll hierdurch dem Offenftehenlaffen des Hahnes und der damit verbundenen Waffervergeudung entgegengetreten werden. Der Abfchlufs

Fig. 408.



Wandfcheibe. — 1/5 w. Gr.

[305]) Bericht hierüber fiehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1879, S. 571.

dieſer Ventile iſt nicht immer ein ganz ſtoſsfreier; ſelbſt anfänglich gut wirkende Ventile können mit der Zeit unter Stöſsen abſchlieſsen, ſo daſs es bei einzelnen Conſtructionen immerhin bedenklich bleibt, dieſelben unmittelbar an eine Druckleitung anzuſchlieſsen.

Der Abſchluſs des Ventils kann erfolgen:

1) durch mechaniſche Mittel (Feder, Uhrwerk, Gewichte);

2) durch den Waſſerdruck ſelbſt, und zwar entweder

α) nach Ausfluſs einer gewiſſen Waſſermenge, oder

β) nach beliebiger, vom Waſſerabnehmer abhängiger Dauer.

Die hervorragendſten Conſtructionen der einzelnen Syſteme ſind die folgenden.

Unter 1 gehörig:

a) Das Abſchluſsventil von *Herdevin* in Paris (Fig. 409). Der doppelte Abſchluſs erfolgt durch die Wirkung einer Feder.

Unter 2, α gehörig:

b) Das Abſperrventil von *Tylor* in London (Fig. 411). Das Ventil muſs vorher geſchloſſen geweſen ſein, um nach dem Aufdrehen Waſſer geben zu können. Die Behandlung iſt die gleiche, wie beim Niederſchraubventil, und daſſelbe kann auch als ein ſolches wirken. Das Ventil ſchlieſst nach Durchfluſs einer gewiſſen Waſſermenge (10 bis 15 l) ſelbſtthätig ab.

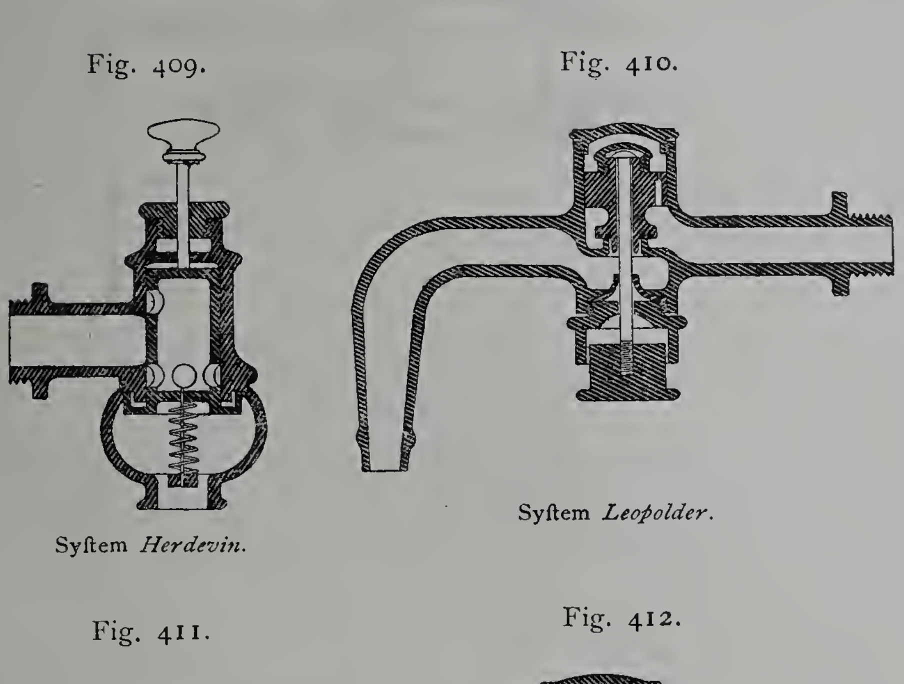


Fig. 409. Syſtem *Herdevin*.

Fig. 410. Syſtem *Leopolder*.

Fig. 411. Syſtem *Tylor*.

Fig. 412. Syſtem *Baumgärtner*.

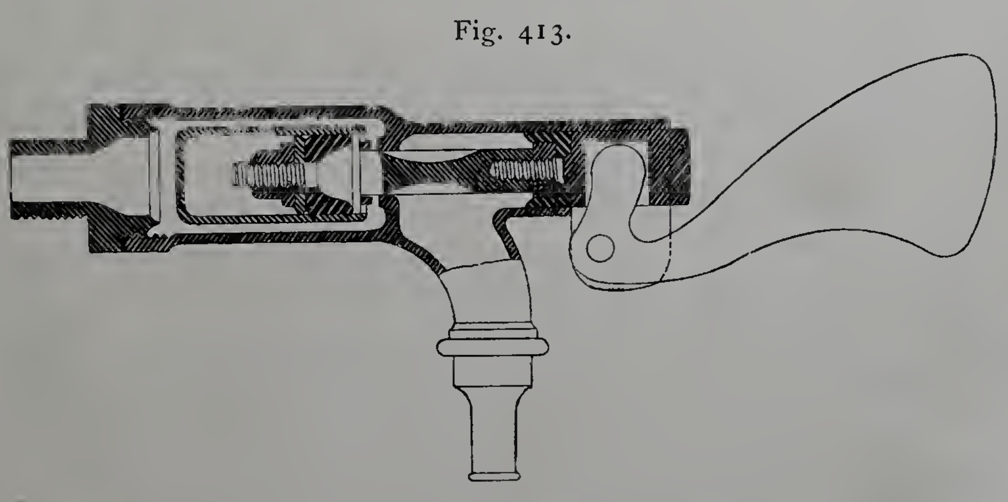


Fig. 413. Syſtem *Valentin*.

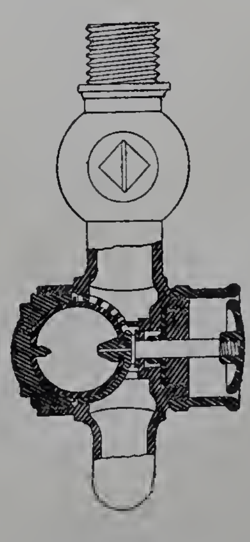


Fig. 414. Syſtem *Schrabetz*. (Grundriſs.)

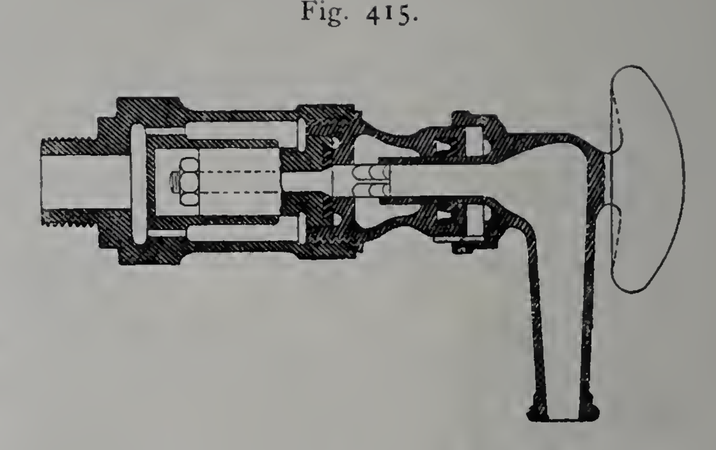
Selbſtſchluſs-Ventile. — 1/3 w. Gr.

Unter 2, β gehörig:

c) Das Abſperrventil von *Leopolder* in Wien (Fig. 410).
d) » » » *Baumgärtner* in Wien (Fig. 412).
e) » » » *Knauſt* in Wien (Fig. 415).
f) » » » *Valentin* in Frankfurt a. M. (Fig. 413).
g) » » » *Schrabetz* in Wien (Fig. 414).

Dieſe letztgenannten fünf Conſtructionen ſchlieſsen ſich durch den eigenen Druck des Waſſers; der langſame Schluſs wird durch die Form des Schluſsventils, zumeiſt aber durch das langſame Füllen eines kleinen, beim Oeffnen entleerten Raumes herbeigeführt. Die Ventile von *Schrabetz* und *Baumgärtner* beſitzen noch einen vom Ventil unabhängigen Kegelabſchluſs.

Fig. 415.



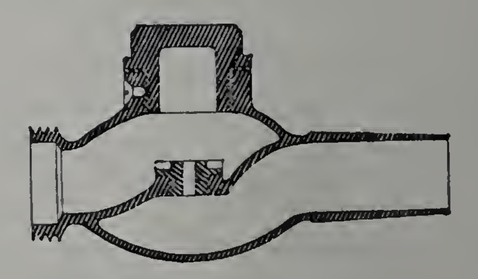
Selbſtſchluſs-Ventil von *Knauſt*. — 1/3 w. Gr.

Die guten Conſtructionen dieſer Hähne laſſen ſich auch für öffentliche Brunnen und als Ventile für die Spüleinrichtungen der Aborte (ſog. Spülhähne) verwenden.

Prämiirt wurden von der Wiener Prüfungs-Commiſſion mit dem erſten Preiſe das Ventil von *Baumgärtner*, mit dem zweiten jenes von *Schrabetz* [306]).

Die Entnahme von Waſſer als ſtändiger Auslauf wird durch ſog. Kaliberhähne geregelt. Dieſe Art der Entnahme iſt in Mittel- und Norddeutſchland wenig üblich, mehr in Süddeutſchland; die Bezahlung des Waſſers erfolgt nach Ausmaſs. Die einfachſte Form eines Kaliberhahnes zeigt Fig. 416, wobei die Durchfluſsmenge durch ein gelochtes Mundſtück (Diaphragma) beſtimmt wird.

Fig. 416.



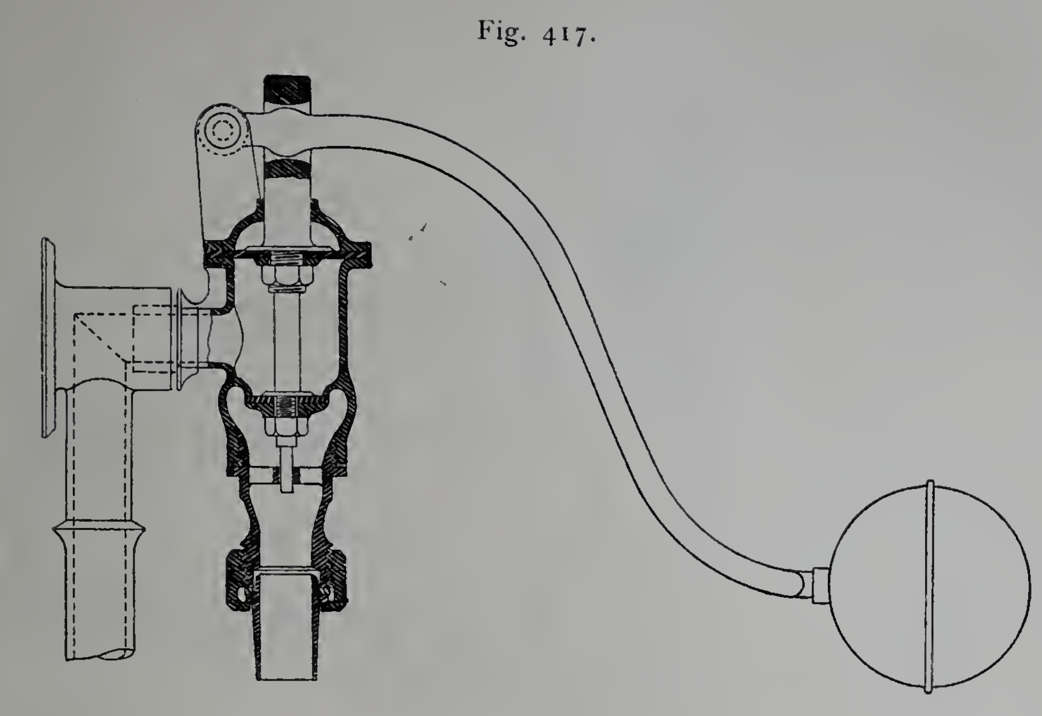
Kaliberhahn. — 1/3 w. Gr.

Zur Füllung von Behältern dienen die Schwimmkugelhähne. Es ſind dies Ventilhähne, welche bei einem gewiſſen Waſſerſtande durch eine Schwimmervorrichtung zum Abſchluſs gebracht werden, bei niedrigerem Waſſerſtande durch dieſelbe Vorrichtung ſich öffnen und Waſſer ausflieſsen laſſen. Fig. 417 giebt ein derartiges Ventil im Querſchnitt.

In einigen Städten, in welchen die Abgabe des Waſſers nach Waſſermeſſern erfolgt, iſt es nicht ſtatthaft, die Schwimmkugelhähne dieſer einfachen Conſtruction zur Anwendung zu bringen. Bei geringer Entnahme aus dem Behälter oder bei groſser Waſſeroberfläche des letzteren ſinkt der Waſſerſpiegel nur um ein Geringes; der Schwimmkugelhahn wird daher auch nur ſehr wenig geöffnet; er ergänzt das fehlende Waſſer ſehr langſam und in Mengen, welche vom Waſſermeſſer, ſo fern derſelbe dem Syſteme der Flügelmeſſer angehört, nicht angezeigt werden. Es dürfen an dieſen Orten nur ſolche Schwimmkugelhähne zur Anwendung kommen, welche ſich erſt plötzlich öffnen, ſobald der Waſſerſtand bis auf ein gewiſſes Maſs gefallen iſt. Es wird dies am einfachſten durch einen zweiten Schwimmer erreicht, welcher den in ſeiner höchſten Lage feſt gehaltenen Schwimmer bei einem

306) Vergl.: Berkowitsch, A. Selbſtabſchluſs-Ventile auf der Ausſtellung in Paris 1878. Wochſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 183.
Rosenstingl, J. G. Vortrag über Selbſtſchluſs-Ventile. Wochſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 125.

Fig. 417.

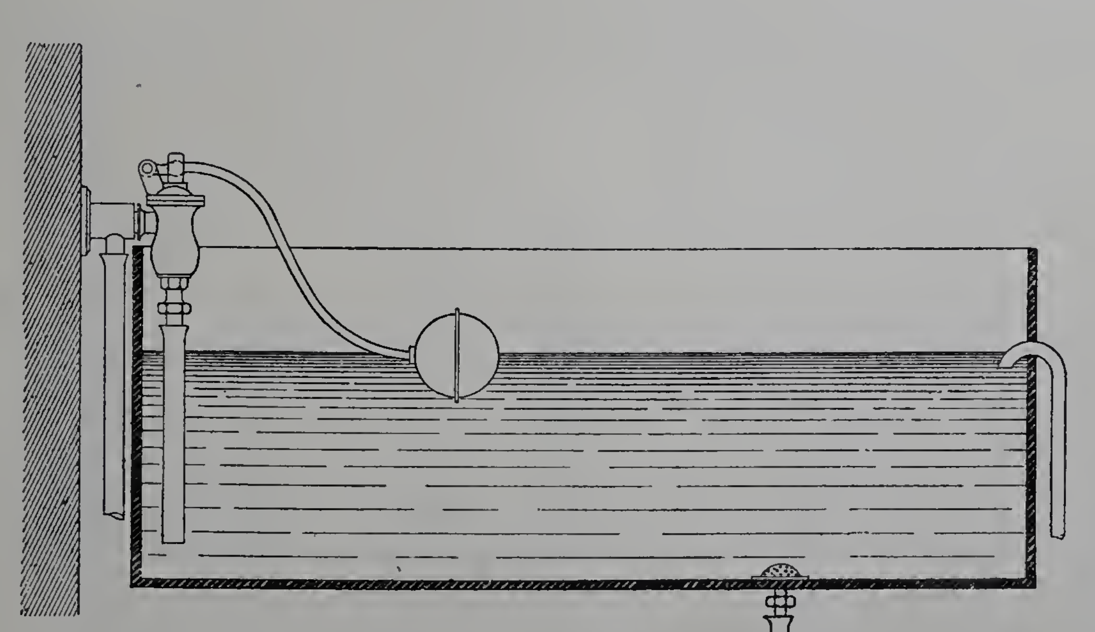


Schwimmkugelhahn. — 1/4 w. Gr.

beftimmten Wafferftande auslöst. Beim Erreichen des höchften Wafferftandes bleibt der Ventilfchwimmer von felbft ftehen.

Die Einrichtung eines **Dienftbehälters** ift aus Fig. 418 zu erfehen. Das zuftrömende Waffer wird bis ziemlich auf den Boden des Behälters geführt, damit die heftige Bewegung des Schwimmers beim Einftrömen des Waffers wegfällt. Die Abflufsöffnung ift durch ein Sieb gefchützt. Der Behälter erhält aufserdem einen Ueberlauf, durch den etwa überfchüffig zufliefsendes Waffer unmittelbar nach der Ableitung geführt wird. Um zu verhüten, dafs aus der Ableitung etwa übel riechende Gafe austreten, ift der Ueberlauf entweder mit einem ∽-förmig gebogenen Geruchverfchlufs verfehen [307]), oder es mündet die Ueberlaufröhre in einen vom Behälter abgetrennten, bis in die Höhe des Oberwafferfpiegels reichenden Raum. Diefer Raum bleibt immer gefüllt, unabhängig von den Schwankungen des Wafferfpiegels im Behälter.

Fig. 418.



Dienftbehälter. — 1/20 w. Gr.

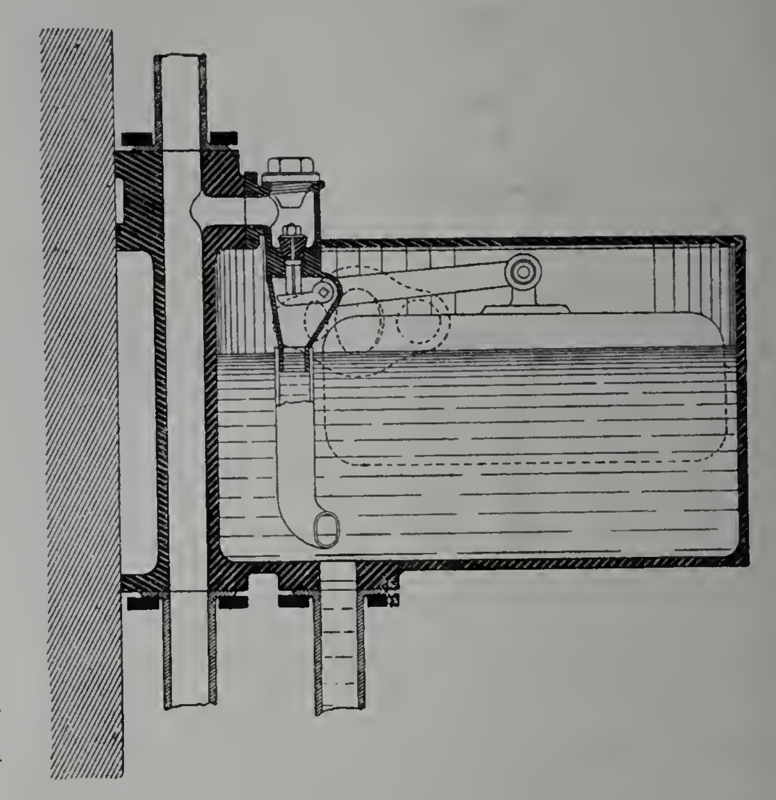
Für die Spülhähne der Aborte und die Selbftfchlufs-Hähne empfiehlt es fich, diefelben, zur Vermeidung von Stofswirkungen, durch Einfchaltung von kleineren Behältern

---

307) Vergl. das im nächften Bande diefes »Handbuches« über »Entwäfferung der Gebäude« Gefagte.

(auch Dienſtbüchſen, Spülreſervoire etc. genannt) von der unmittelbaren Verbindung mit der Hauptleitung abzutrennen; Fig. 419 zeigt eine kleinere, von *Fortin* in Paris ausgeführte Einrichtung mit Schwimmer, welche hauptſächlich für Selbſtſchluſs-Ventile beſtimmt iſt.

Fig. 419.



Behälter für Selbſtſchluſs-Ventile von *Fortin*. — 1/5 w. Gr.

Schlieſslich muſs noch einer Gattung von Vorrichtungen Erwähnung gethan werden, welche vor dem Gebrauche des Waſſers zur Anwendung kommen können und eine mechaniſche, unter Umſtänden auch chemiſche Reinigung des Waſſers herbeiführen ſollen. Es ſind dies die Hausfilter.

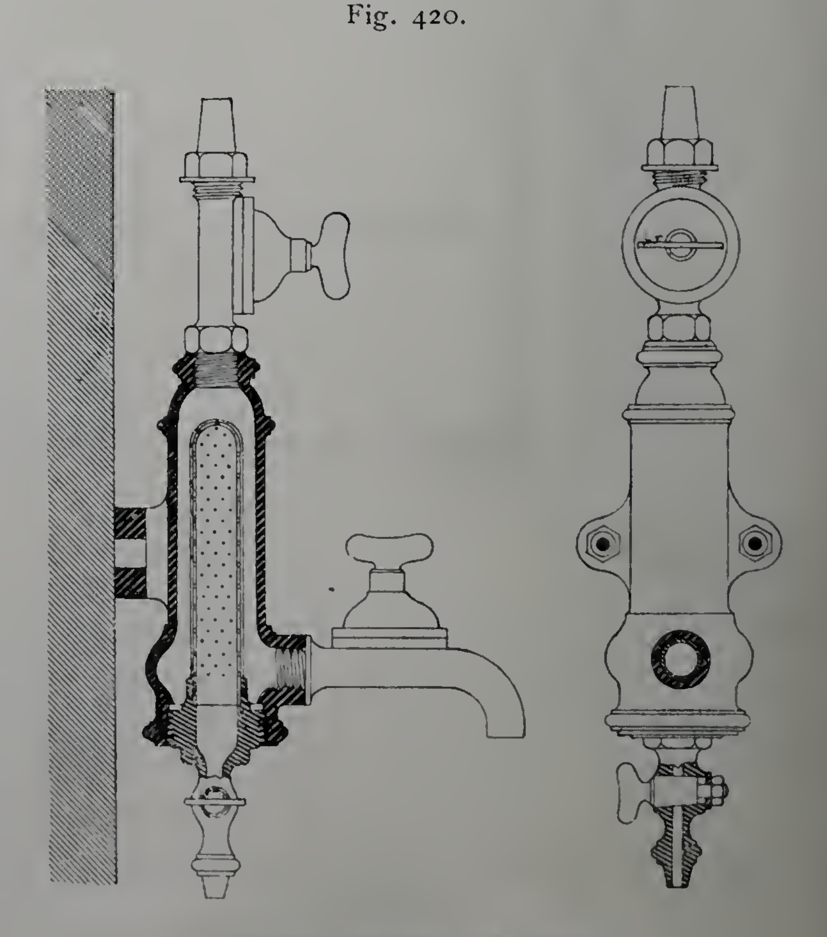
Für die Reinigung des Waſſers ſind die verſchiedenſten Materialien vorgeſchlagen und angewendet worden. Von der groſsen Anzahl derſelben ſeien nur folgende erwähnt: Wollabfälle mit Alaun, Eiſenſalzen und Gerbſäure getränkt, Seeſchwämme, Kohle, Wollengewebe, künſtliche und natürliche poröſe Steine *(grès filtrant)*, Eiſenſchwamm, Sand etc.

Man kann zweierlei Filter unterſcheiden:

1) Filter, welche unmittelbar in die Leitung eingeſchloſſen oder an dieſelbe angeſchloſſen werden können, und

2) Filter, welche nicht unter hohem Drucke arbeiten und denen das Waſſer durch einen Schwimmkugelhahn zugetheilt wird.

Fig. 420.

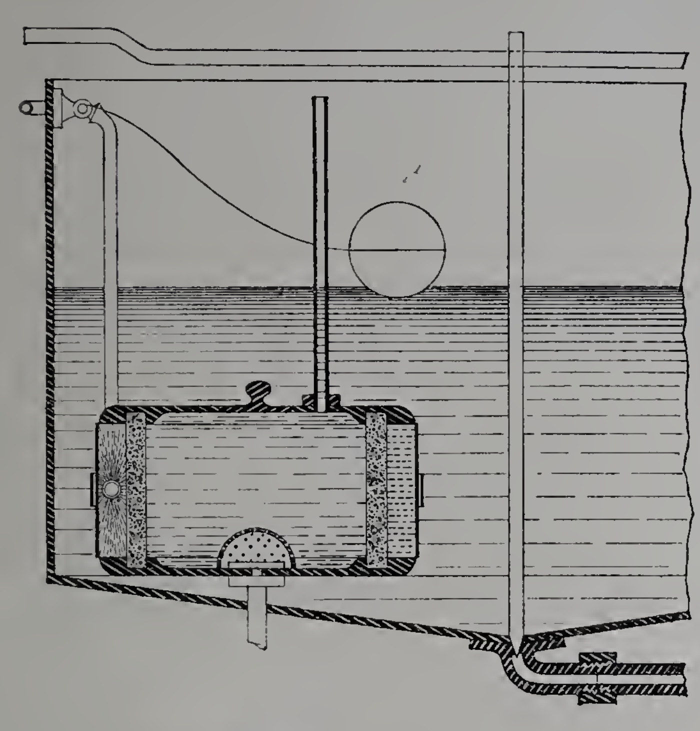


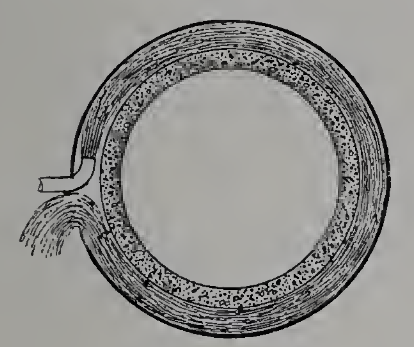
Filter von *Salbach*. — 1/5 w. Gr.

Eine zu 1 gehörige Vorrichtung zur unmittelbaren Einſchaltung iſt das von *Salbach* conſtruirte kleine Hausfilter (Fig. 420); daſſelbe dient zur Entnahme von filtrirtem und unfiltrirtem Waſſer; die Filtration erfolgt durch ein mit Filz überzogenes Sieb. Bei Oeffnung des directen Hahnes nimmt das ausſtrömende Waſſer ſämmtliche Unreinigkeiten, welche ſich auf dem Filzfilter abgelagert haben, mit hinweg. Mikro-Organismen werden durch dieſes Filter nicht zurückgehalten.

Von ähnlichen hierher gehörigen Filtern mag das von *Chamberland* nach *Paſteur*'s Vorgang con-

Fig. 421.





Londoner Filter. — 1/20 w. Gr.

ſtruirte und das Mikro-Membran-Filter von *Breyer* erwähnt werden.

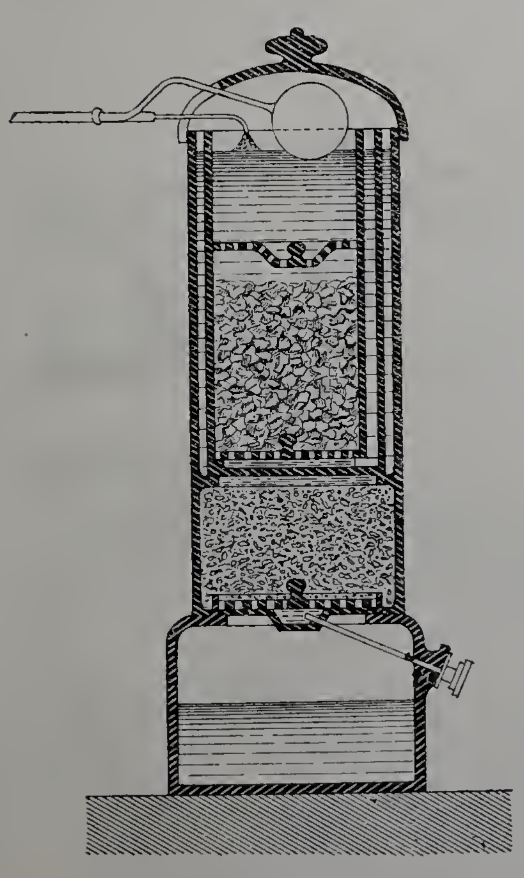
Das erſtere beſteht aus einem Cylinder von ſehr hart gebrannter Kaolinmaſſe mit einer unten befindlichen, engeren Ausfluſsöffnung; der Cylinder iſt von einem unten mit demſelben verbundenen Metallmantel umgeben. Im Raume zwiſchen Mantel und Cylinder wird das zu reinigende, unter Druck ſtehende Waſſer (wie oben beim *Salbach*'ſchen Filter) eingeleitet und von auſsen nach innen durchgepreſſt. Zur Reinigung nimmt man den Kaolin-Cylinder heraus und bürſtet ihn ab. Beim *Breyer*'ſchen Filter beſteht der Filterkörper unter ſonſt gleicher Anordnung aus einer dünnen Lamelle von äuſserſt fein gemahlenem Asbeſt.

Ein Verfahren zur Bereitung von Filtrir-Apparaten behufs Reinigung des Waſſers von Mikro-Organismen hat ſich der Schwede *Olof Fredrik Oeberg* in Stockholm für das Deutſche Reich patentiren laſſen [308]).

Wohl das älteſte und gewiſs ſehr brauchbare Filter dieſer Art, das ägyptiſche Hausfilter (*Sihr*) iſt ein einfaches, birnförmiges, poröſes Thongefäſs, welches *Huldermann* in der unten genannten Quelle [309]) eingehend beſchrieben hat.

Von denjenigen Filtern, welchen das Waſſer mittels Schwimmkugelhahnes zuflieſst, mögen das ſog. Londoner Filter (Fig. 421) und das *Biſchof*'ſche Filter (Fig. 422) erwähnt werden.

Fig. 422.



Filter von *Biſchof*. — 1/20 w. Gr.

Der wirkſame Theil des Londoner Filters beſteht aus einem Hohlcylinder von Filterkohle. Derſelbe befindet ſich in einem Kaſten innerhalb des Schwimmkugel-Behälters, und der Schwimmkugelhahn führt ſo viel Waſſer zu, als durch das Filter abflieſst. Will man die Filterfläche reinigen, ſo öffnet man ein in der Mitte des Behälters befindliches Ventil, wodurch der Waſſerſtand ſchnell fällt, wobei dann die Zuleitung die Filterfläche kräftig umſpült.

Biſchof verwendet als Filtermaterial ſog. Eiſenſchwamm, d. h. fein vertheiltes metalliſches Eiſen, welches aus Kiesabbränden nach dem Ausziehen des Kupfers gewonnen wird. Das Waſſer durchzieht ſodann eine zweite Filterſchicht aus Braunſtein oder präparirtem Sande, ehe es in das Reinwaſſergefäſs übertritt.

Schlieſslich mag noch das von *Piefke* erfundene Schnellfilter [310]) Erwähnung finden.

Das Filtrirmaterial beſteht hier aus Celluloſe, welche als Faſerbrei oder als gepreſſte Scheibe auf Sieben ſtufenförmig in einem allſeits geſchloſſenen Blechcylinder liegt. Dieſe Cellulоſe und das Sieb werden von dem zugeleiteten trüben Waſſer zwangläufig durchfloſſen, wobei letzteres ſeine Unreinigkeiten an das Filtermaterial abgiebt, welches ſelbſtverſtändlich häufig erneuert

308) D. R.-P. Nr. 34689.

309) Zeitſchr. f. bild. Kunſt 1886, Kunſtgwbebl., S. 218.

310) D.R.-P Nr. 1571, mit Zuſätzen Nr. 21702 u. 25740.

werden muſs. Bei ſorgfältigem Auflegen der Reinigungsmaſſe bewähren ſich dieſe Filter gut. Näheres über dieſelben findet ſich in der unten genannten Quelle [311]).

In Deutſchland wird man wohl nur in ganz wenigen Fällen von den Hausfiltern Gebrauch machen müſſen, da das allgemeine Beſtreben dahin geht, bereits gutes Waſſer für die Waſſerwerke zu gewinnen oder etwa zur Verſorgung zu verwendendes Fluſswaſſer etc. durch centrale Sandfiltration vor der Vertheilung abzuklären. Das bei der Sandfiltration angewandte Verfahren haben wir bereits in Art. 398 (S. 389) angegeben. Bei paſſend gewähltem Sande iſt es möglich, ſelbſt ganz ſchmutziges Waſſer kryſtallhell herzuſtellen, ſo daſs nach dieſer Richtung hin die Filtration ihren Zweck vollſtändig erfüllt [312]). Zu beachten bleibt jedoch immerhin, daſs alle bis heute bekannten Filtrations-Verfahren, ſelbſt die Mikro-Membran-Filter, kein vollſtändig mikrobenfreies Waſſer zu beſchaffen vermögen. Um feſt zu ſtellen, wie groſs im Allgemeinen die Zahl entwickelungsfähiger Keime im Trinkwaſſer ſein darf, hat *Wolffhügel* (in den Veröffentlichungen des kaiſerl. deutſchen Geſundheitsamtes vom Jahre 1886) Zuſammenſtellungen über den Keimgehalt brauchbarer Trinkwaſſer gegeben, worauf wir verweiſen. Vollſtändig keimfreies kaltes Waſſer wird in der Natur wohl ſchwerlich zu finden ſein.

Ueber die in Gebäuden herzuſtellenden Bade-Einrichtungen und die Spülaborte wird im nächſten Bande dieſes »Handbuches« in ausführlichſter Weiſe abgehandelt, ſo daſs wir bezüglich dieſer Anlagen hierauf verweiſen; eben ſo hinſichtlich Verwendung des Waſſers zu hydrauliſchen Aufzügen, welche im vorhergehenden Bande (Heft 2, Abth. IV, Abſchn. 2, unter B) Erwähnung finden.

Für den Betrieb von Motoren aller Art, namentlich Motoren für Lüftung, insbeſondere Sauglüftung, für kleinere Maſchinenbetriebe und ähnliche Zwecke findet

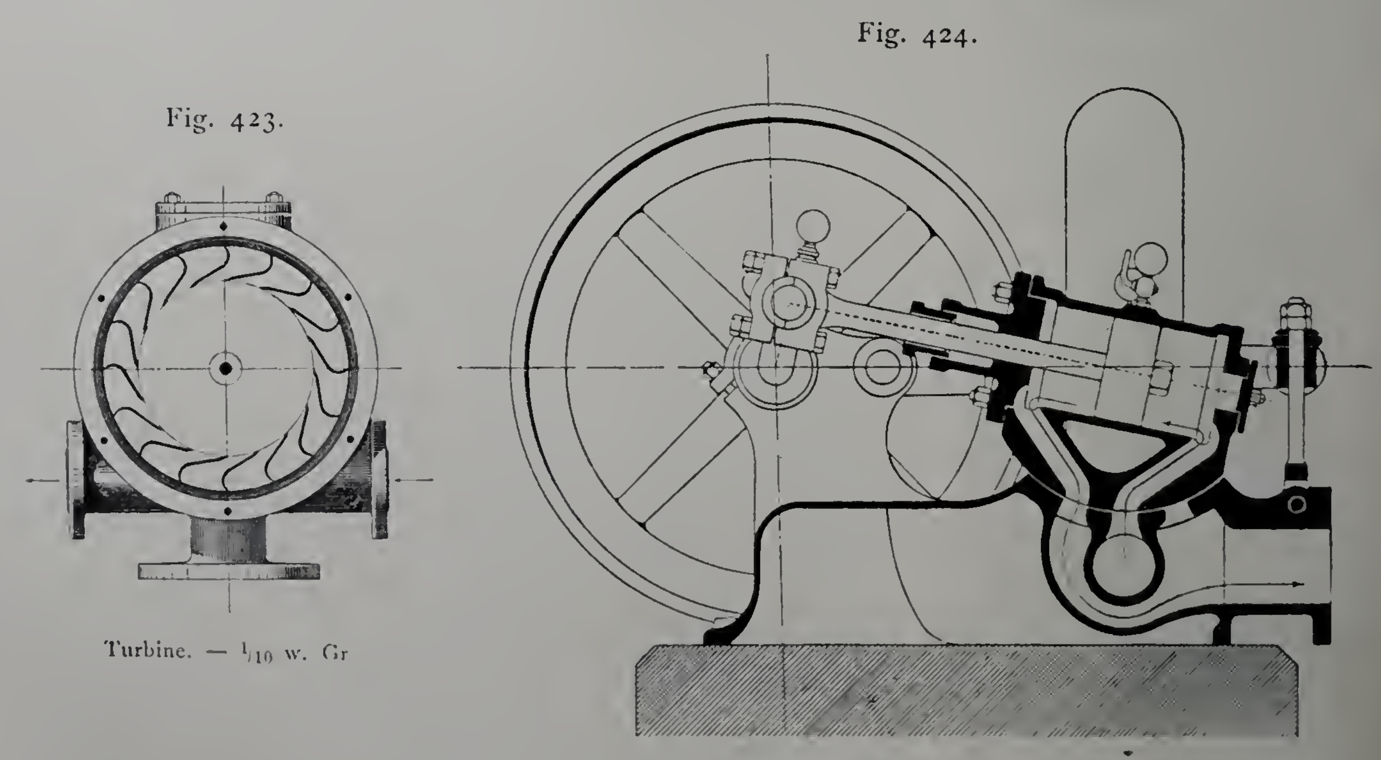


Fig. 423.

Turbine. — 1/10 w. Gr.

Fig. 424.

Schmid'ſcher Motor. — 1/25 w. Gr.

das von der Waſſerleitung unter Druck in die Gebäude geleitete Waſſer die mannigfaltigſte Anwendung. Das Waſſer der Waſſerleitung wirkt entweder auf eine kleine Turbine, welche es in Umdrehung ſetzt, wie in Fig. 423, oder es betreibt eine

[311]) Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 298.

[312]) Siehe: LUEGER. Ueber die Klärung von trübem Fluſswaſſer. Polyt. Journ., Bd. 254, S. 233.

Kolbenmaschine, wie in Fig. 424 dargestellt. Nur in dem Falle, in welchem man kein ganz reines Betriebswasser zur Verfügung hat oder wenn die Arbeitsmaschine große Geschwindigkeit erhält, verdienen Turbinen vor den Kolbenmaschinen den Vorzug; in anderen Fällen sind die letzteren empfehlenswerther.

Wir haben in Fig. 424 den bekannten *Schmid*'schen Motor dargestellt. Die oscillirende Bewegung des Cylinders bewirkt, dass das Wasser abwechselnd von der einen und dann von der anderen Seite gegen den Kolben drückt, wodurch die etwa 80 Procent Nutzeffect gebende Maschine betrieben wird. Wie die Bewegung bei der Turbine erzeugt wird, ist ohne Weiteres aus der Abbildung ersichtlich.

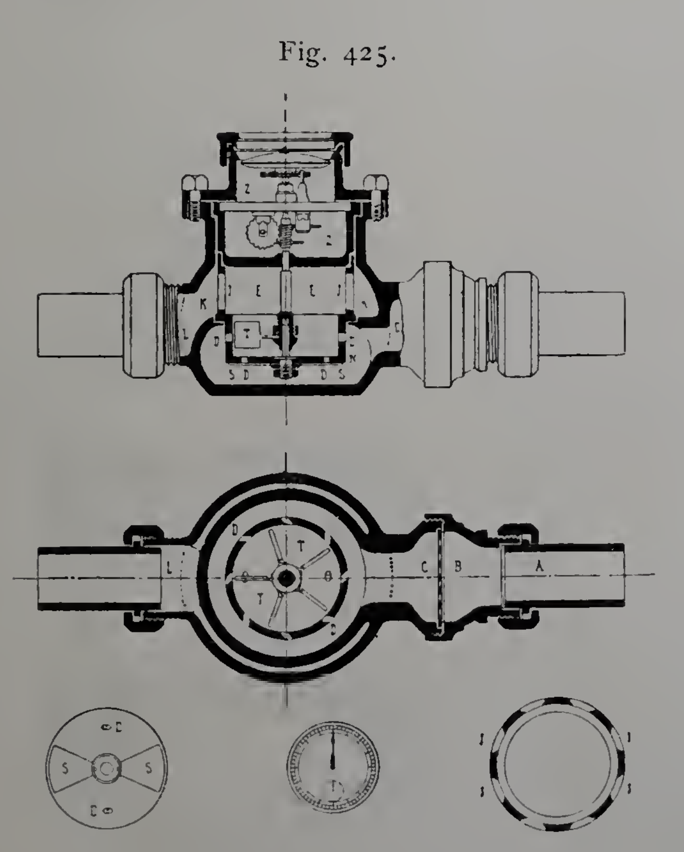
426. Wassermess-Einrichtungen.

Die Wassermess-Einrichtungen beruhen auf demselben Grundsatze, wie die Motoren, d. h. es sind kleine Motoren, deren Nutzarbeit in der Bewegung eines Uhrwerkes oder Umdrehungszählers besteht. Zunächst ist einleuchtend, dass die in der durch Fig. 424 dargestellten Vorrichtung verbrauchte Wassermenge sich aus dem Producte des Ausmaßes zweier Cylinderfüllungen mal der Anzahl von Umdrehungen des Schwungrades berechnen lässt. Würde man dem gemäß die in einem Gebäude zu verbrauchende Wassermenge zunächst durch einen solchen Motor leiten und erst nach Durchfluss desselben benutzen, so wäre das Ausmaß durch die Zahl der Umdrehungen fest zu stellen. Solche und ähnliche Motoren sind deshalb zuverlässige Wassermesser, wenn sie mit Umdrehungszähler versehen sind, und man nennt sie in dieser Anwendung Kolbenmesser. Der hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten wegen sind sie jedoch wenig verbreitet.

Man misst den Wasserverbrauch fast ausschließlich durch Turbinenmesser oder, wie man sie auch heißt, Flügelmesser. Das Grundsätzliche der Messung beruht auf der einfachen Thatsache, dass, unter sonst gleichen Umständen, eine Turbine in einer bestimmten Zeit um so mehr Umdrehungen machen wird, je mehr Wasser durchfließt und umgekehrt. Nachstehend ist ein derartiger Wassermesser, System *Meinecke,* beschrieben und in Fig. 425 abgebildet.

Das Wasser tritt bei *A* in den Apparat und muss ein durch Verschraubung fest gehaltenes Sieb *B* passiren, welches zur Abhaltung grober Unreinigkeiten dient und, ohne dass der Messer aus der Leitung geschraubt wird, leicht ausgelöst und abgespült werden kann.

Fig. 425.



Wassermesser von *Meinecke.* — 1/5 w. Gr.

Von *C* aus strömt das Wasser durch die Oeffnungen *D* des Einsatzes *N* auf das Flügelrädchen *T* und setzt dasselbe in Umdrehung. Die Anzahl der Umdrehungen bilden den Maßstab für die durch den Wassermesser geflossene Wassermenge, und es wird dieselbe durch ein Zählwerk *Z* nach mehrfacher Räderübersetzung auf dem Zifferblatt registrirt.

Aus dem Flügelradraume *E* tritt das Wasser durch die Oeffnungen *J* in den Ringcanal *K* und von dort in den Abfluss *L*.

Das gebräuchlichste Zifferblatt gestattet die unmittelbare Ablesung der durchgeflossenen Wassermenge bis auf 2 Procent genau von 100 l bis 1 Million Cub.-Meter. Es werden auch Zifferblätter mit 10-Liter-Theilung eingerichtet; eben so werden, anstatt der gebräuchlichsten beweglichen Zifferblätter, fest stehende angefertigt, welche mit mehreren kleinen Zifferblättern versehen sind — ähnlich den Zifferblättern für Gasuhren; doch erhöht sich mit der hierdurch bedingten bedeutend größeren Anzahl von Rädchen, welche im Zählwerk angebracht werden müssen, die Ausbesserungsbedürftigkeit naturgemäß, eben so wie der Messer an seiner Empfindlichkeit verliert.

Der Waffermeffer ift mit einer Stellvorrichtung verfehen, der drehbaren, fectorförmigen Scheibe *S*, welche den Zweck hat, eine Regelung des ganzen Apparates nach vollendeter Juftirung vornehmen zu können. Eine Verengerung der Einflufsöffnungen *D* am Boden des Einfatzes *N* durch Verfchieben der beweglichen Stellfcheibe bewirkt eine Preffung des einftrömenden Waffers und durchweg höhere Regiftrirung, eine Erweiterung umgekehrt eine durchgängig niedrigere Regiftrirung.

Bei den eben befchriebenen, fo wie den gebräuchlicheren *Siemens*'fchen und *Spanner*'fchen Waffermeffern befteht die Turbine aus Meffing; zur Erleichterung der Bewegung find jedoch auch Turbinen aus Hartgummi (von *Dreyer, Rofenkranz & Droop* in Hannover) hergeftellt worden.

Im Allgemeinen find die heute im Gebrauche befindlichen Turbinen-Waffermeffer genaue, gute Inftrumente, welche den Verbrauch auf 2 bis 3 Procent annähernd richtig angeben, fo fern die Durchftrömung durch den Meffer nicht fo langfam vor fich geht, dafs die Arbeit der Reibung, welche bei der Bewegung der Rädchen entfteht, von der Energie des Waffers nicht überwunden werden kann. Für kleinen Verbrauch follte ohne Rückficht auf die Weite der Zuleitung auch ein kleiner Waffermeffer gewählt werden; denn die Waffermenge, welche ungemeffen durchläuft, fteigt im Verhältnifs zur Gröfse des Meffers. Laufen durch einen Waffermeffer abwechfelnd kleine, dann wieder fehr grofse Waffermengen, fo werden zur möglichft genauen Regiftrirung zwei Waffermeffer verfchiedenen Kalibers vereinigt.

427. Verfchiedene befondere Einrichtungen.

Um jederzeit fowohl zu den Sammelanlagen einer Wafferverforgung, als auch zu den aufserhalb der Gebäude im Gebäude-Complexe etwa angebrachten Mechanismen der Röhrenleitungen etc. gelangen zu können, müffen an entfprechenden Stellen Einfteigefchächte angeordnet werden. Diefe Schächte werden nach oben durch gufseiferne Schachtdeckel verfchloffen, welche entweder in Steineinfaffungen oder — was ftets beffer ift — in befonderen gufseifernen Rahmen liegen und entweder mit befonderem Verfchlufs verfehen oder mit einfachen Löchern etc. zum Ausheben ausgeftattet find.

Die Einfteigefchächte müffen, um in denfelben noch arbeiten zu können, mindeftens 0,7 bis 0,8 m Lichtweite haben und werden in diefem Falle gewöhnlich in der in Fig. 426 dargeftellten Weife abgedeckt. Der Schachtdeckel ift ftets kreisrund, nie eirund anzufertigen, weil er im letzteren Falle durch Unvorfichtigkeit in den Schacht hinabfallen kann. Der Rahmen ift von Gufseifen und zum Anfchlufs von Pflafterung oder Strafsenfchotter hergerichtet.

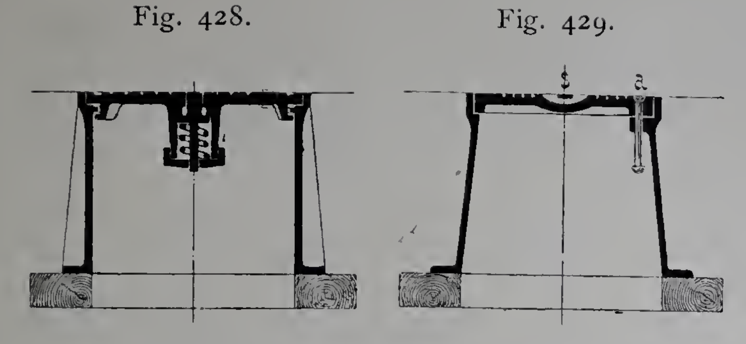
Fig. 426.

Fig. 427.

Deckel fur Einfteigefchächte.
1/25 w. Gr.

Manchmal legt man den Rahmen mit Deckel in eine Steinfaffung, wie in Fig. 427 dargeftellt ift. In diefem Falle follte das Gufseifen nie unmittelbar auf den Stein gefetzt, fondern ftets auf einen Zwifchenrahmen von Holz gelagert werden. Zum Ausheben des Deckels wird entweder in der Mitte oder zu beiden Seiten eine rechteckige Oeffnung ausgefpart, in welche der Schlüffel gefteckt werden kann, der fodann beim Umdrehen von der langen nach der kurzen Seite des Rechteckes anpackt. Durch diefe Oeffnungen gelangen leicht Unreinigkeiten in die Schächte; um dies zu verhüten, wendet man auch die in Fig. 428 u. 429 dargeftellten Abdeckungsweifen an, hauptfächlich bei kleineren (Hydranten-) Abdeckungen (Strafsenkappen).

Fig. 428. Fig. 429.

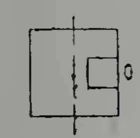


Deckel für Hydrantenröhren. — 1/25 w. Gr.

In Fig. 428 wird die Schlüffelöffnung durch ein Vierkant ausgefüllt, welches durch eine Bronze-Feder gehalten ift und während des Oeffnens mit dem Schlüffel tief gedrückt werden mufs. Bei Fig. 429 packt der Schlüffel (welcher als Haken geftaltet ift) einen fchmiedeeifernen Steg *s*; der Deckel wird zunächft lothrecht gehoben und dann um die Achfe *a* gedreht. Für fchwere Deckel ift die erftgenannte Conftruction die beffere.

Schachtanlagen, welche zu Reinwaffer-Canälen etc. führen, follten nie unmittelbar über die letzteren, fondern ftets feitlich derfelben gelegt werden, weil die Schachtabdeckungen nie dicht abfchliefsen, alfo Regenwaffer, Staub etc. leicht eindringen können und weil beim Befteigen der Schächte ftets Unreinigkeiten von den Fufsbekleidungen der Arbeiter etc. in das reine Waffer gelangen würden. Man pflegt defshalb in folchen Fällen zwifchen den wafferführenden Canal und den Schacht eine Brücke zu fetzen. Die Oeffnungen *o* (Fig. 430) der zu Röhren-Mechanismen führenden Einfteigefchächte dürfen, wenn die letzteren grofs find, nie über die Mitte gelegt, fondern müffen ftets an einer Seitenwand angeordnet werden, an welcher die Steigeifen für den Abftieg des Wärters eingelaffen werden können. Gröfsere Schächte werden am beften mit Betongewölben verfehen; bei diefen ift auch die Einfteigeöffnung in bequemfter Weife auszufparen.

Fig. 430.



Anordnung der Einfteige-öffnung.

Wenn in ausgedehnten Höfen oder Anlagen eines Gebäude-Complexes Schieber mit Schutzröhre und Strafsenkappe oder Hydranten angeordnet find, fo ift, abgefehen von etwa angewendeten Ueberflur-Hydranten, an paffenden Stellen der Gebäude, an ftarken Bäumen etc. oder an befonders errichteten Pfoften ein Zeichen anzubringen, welches die Lage der gedachten Gegenftände genau in den Ausmafsen anzeigt, damit man diefelben unter Schneedecken oder bei zufälligen Verfchüttungen, Ueberwachfen mit Gras etc. im Nothfall rafch und ficher findet. Die Mafse pflegt man als rechtwinkelige Ordinaten (in Met.) auf befonderen Täfelchen aus Metall oder Email in deutlicher Weife anzugeben.

Steht eine Wafferleitung unter fehr hohem Drucke (8 bis 12 Atmofphären), fo find erfahrungsgemäfs die gewöhnlichen Einrichtungen an Hydranten etc. nicht ausreichend, um die Röhrenfahrten vor den Wirkungen der Widderftöfse beim Schliefsen der Hydranten zu bewahren. In folchen Fällen find Windkeffel vor die Hydranten zu fetzen. Eben fo mufs am oberften Ende einer Steigleitung im Inneren der Gebäude ftets ein Windkeffel angebracht werden. Die Windkeffel vor den Hydranten erhalten einen Luftraum von ca. 0,03 bis 0,05 cbm, jene der Steigleitungen einen folchen von ca. 0,003 bis 0,005 cbm. Für Hausleitungen eignen fich folche, wie in Fig. 431, für Hydranten folche, wie in Fig. 432 dargeftellt. Man ftellt die letzteren ftets aus Gufseifen her und gräbt fie, wie die Hydranten, in die Erde ein. Die erfteren erhalten Verfchraubungsanfchlufs und werden fowohl aus Gufseifen, als auch aus Kupfer getrieben in Verwendung genommen.

Fig. 431. Fig. 432.

Windkeffel für Hausleitungen. Windkeffel für Hydranten.

Bei allen Sammelanlagen für Waffer müffen die hiervon abgehenden Röhrenleitungen vor dem Einfchwemmen fperriger Gegenftände, Holzftückchen etc. behütet werden. Zu diefem Zwecke verwendet man Seiher, welche in gelochtem oder gefchlitztem Kupferbleche, in der Regel verzinkt, in den in Fig. 433 bis 436 darge-

ftellten Formen mit gufseifernen Anfchlufsflanfchen hergeftellt werden. Die Summe der Querfchnitte aller Löcher im Seiher mufs mindeftens dem doppelten bis dreifachen Röhrenquerfchnitte entfprechen, wenn ein belangreicher Widerftand für die Einftrömung vermieden werden will.

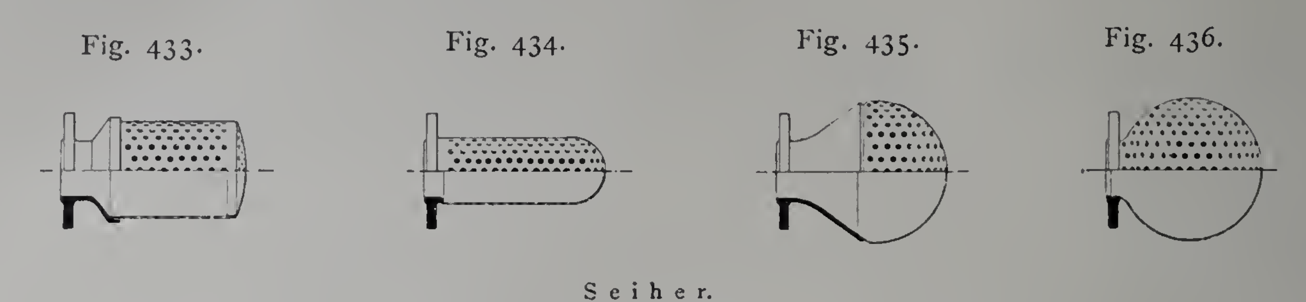


Fig. 433. Fig. 434. Fig. 435. Fig. 436.

Seiher.

Die zur Aufnahme von Widderftöfsen angeordneten Windkeffel müffen mindeftens auf den doppelten bis dreifachen Betriebsdruck geprüft fein, und es ftellen fich die Anfchaffungskoften der gufseifernen Windkeffel für Steigleitungen von 25 bis 50 mm Weite auf 9 bis 12 Mark für das Stück. Windkeffel für Hydranten kommen auf 20 bis 30 Mark für das Stück, je nach der Gröfse, zu ftehen. Die verzinkten Kupferfeiher mit gufseifernen Anfchlufsflanfchen, nach Fig. 433 bis 436 conftruirt, koften (Höchftpreife):

Lichtweite	40 mm	50 mm	60 mm	65 mm	70 mm	80 mm	90 mm	100 mm	125 mm	150 mm	175 mm	200 mm	225 mm	250 mm	275 mm	300 mm
Fig. 433 . .	8	10	12	13	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60
» 434 . .	9	10	11	12	13	15	17	19	24	29	34	39	44	49	54	59
» 435 . .	9	11	13	15	17	19	21	25	29	34	40	46	52	58	66	74
» 436 . .	10	12	14	16	18	21	25	28	32	38	44	52	58	66	74	82
	Mark.															

Ift zur Wafferverforgung eines Gebäudes in diefem felbft oder aufserhalb desfelben ein Wafferbehälter angeordnet, fo ift es in den meiften Fällen fehr nützlich, den Wafferftand im Behälter an irgend einer Stelle des Erdgefchoffes ablefen zu können; wichtig ift dies befonders in Fabrikgebäuden, in welchen als Feuer-Referve oder für andere Zwecke ftets ein beftimmter Waffervorrath vorhanden fein follte. Die zweckmäfsigfte Einrichtung zur Uebertragung der Wafferftandshöhe ift das Ausbalanciren der Wafferfäule durch eine Queckfilberfäule (Fig. 437); die letztere übt bekanntlich auf denfelben Querfchnitt eine 13,6-mal gröfsere Preffung aus, als Waffer. Schwankt mithin der Wafferftand im Wafferbehälter um 6 m, fo wird die denfelben anzeigende Queckfilber-Scala (wenn fie unmittelbar neben dem Behälter angeordnet ift) nur eine Länge von $\frac{6}{13{,}6} = 0{,}44$ m haben müffen und fich überall leicht anbringen laffen. Ift der Wafferbehälter im Gebäude felbft gelegen und find die Schwankungen im Wafferbehälter gering, fo kann der Wafferftand noch einfacher durch unmittelbare Uebertragung angezeigt werden (Fig. 438). Ein im Wafferbehälter befindlicher Schwimmer überträgt denfelben mittels einer Schnur, an welcher fich ein Gegengewicht *G* befindet, durch Auf- und Abziehen eines Zeigers unmittelbar auf die Scala.

Fig. 437. Fig. 438.

Die Wafferftände fehr entfernt liegender Wafferbehälter werden manchmal auch elektrifch übertragen. Dabei wird entweder in gewiffen Zeiträumen ein Contact hergeftellt, welcher fich am Beobachtungsorte zu erkennen giebt, oder aber der Contact erfolgt, wenn fich der Wafferftand um eine beftimmte Gröfse — 10 bis 30 cm — gefenkt hat. In der Regel ift fodann mit der Contact-Vorrichtung ein Regiftrir-Apparat, welcher die Veränderungen des Wafferftandes felbftthätig aufzeichnet, verbunden.

Eine Uebertragung durch eine einfache Bleiröhre oder Eifenröhre, deren Inhalt auf eine Queckfilberfäule wirkt, ift dem elektrifchen Wafferftandszeiger ftets vorzuziehen; diefe Einrichtung erfordert keine Unterhaltung und arbeitet ficher, während erfahrungsgemäfs die elektrifchen Wafferftandszeiger fehr unficher arbeiten und gröfsere Unterhaltungskoften verurfachen. Es empfiehlt fich überdies, bei Einrichtung eines elektrifchen Wafferftandszeigers Seitens des Fabrikanten die bündigften Garantien für eine mehrjährige Brauchbarkeit der Anlage zu verlangen.

428. Schlufswort.

Zum Schluffe wollen wir noch einige allgemeine Bemerkungen über Einzelbeftandtheile der Wafferverforgungen beifügen. Man fehe vor Allem bei jeder Conftruction auf gröfste Einfachheit; denn nur folche Conftructionen find dauerhaft im Betriebe. Alle Schlufsflächen und Gleitflächen der Schieber, alle Schraubenmuttern, welche häufig gelöst werden müffen, alle Gewindefpindeln, überhaupt alle Theile, bei welchen eine Aenderung ihrer Oberflächenbefchaffenheit Nachtheile bringen würde, find aus Bronze oder Meffing anzufertigen, weil Gufseifen und noch viel mehr Schmiedeeifen durch kein Mittel auf die Dauer vor Oxydation gefchützt zu werden vermögen. Bei den Ventilabfchlüffen, welche nicht in Metall hergeftellt find, follten als Abdichtungsmaterial Lederfcheiben ftets den Gummifcheiben vorgezogen werden, weil die letzteren meift von geringer Haltbarkeit find. Es follten alle Einzelftücke, unbedingt aber die ganze Hauswafferleitung, nach Fertigftellung einer Prüfung mit der hydraulifchen Preffe unterzogen werden, welche mindeftens dem doppelten normalen Betriebsdrucke gleich ift. Endlich follten in jedem Haufe, welches mehrere Ausläufe gleichen Syftemes hat, Erfatzftücke vorräthig gehalten werden.

---

17. Kapitel.

Warmwaffer-Leitungen.

429. Allgemeines.

In den drei vorhergehenden Kapiteln wurden (ohne dafs dies befonders bemerkt zu werden brauchte) nur diejenigen Anlagen berückfichtigt, welche zur Verforgung der Gebäude mit kaltem Waffer dienen. Die Bequemlichkeit und Annehmlichkeit einer ausreichenden Wafferverforgung läfft fich indefs durch die Anlage von Warmwaffer-Leitungen noch erhöhen, d. h. durch Leitungen, denen unmittelbar warmes Waffer zu den verfchiedenften Zwecken entnommen werden kann. Ift die Anlage einer Warmwaffer-Leitung in Wohnhäufern als eine Annehmlichkeit zu betrachten, fo wird fie in einzelnen Fällen, hauptfächlich in Gebäuden, welche gemeinfamen öffentlichen Zwecken dienen, z. B. Gafthöfen, Krankenhäufern, Cafernen, Schlachthallen etc. zur Nothwendigkeit, ganz abgefehen von den Warmwaffer-Leitungen in Bade-Anftalten, welche eine Befonderheit bilden und von denen bei der Befchreibung diefer Gebäude (in Theil IV, Halbband 5, Heft 3 diefes »Handbuches«) noch gefprochen werden wird.

In Wohnhäufern bietet eine Warmwaffer-Leitung den Hausbewohnern die Annehmlichkeit, warmes Waffer zu Spül-, Reinigungs- und ähnlichen Zwecken fchnell zur Hand zu haben, einestheils um die Mühe des Herbeiholens aus der entfernt, oft in einem anderen Gefchofs liegenden Küche zu erfparen, anderentheils aber auch, um auf ein etwa erforderliches Erwärmen des Waffers nicht erft längere Zeit warten zu müffen. Je nach dem beabfichtigten Zwecke wird man das warme Waffer in der Regel nach folgenden Stellen führen können:

1) entweder nach einem einfachen Auslaufhahn, mit Hilfe deffen man das warme Waffer zu jedem beliebigen Zwecke entnehmen kann, oder

2) nach einer Wafchtifch-Einrichtung, welche dann neben dem Ventil für kaltes Waffer ein zweites Ventil für warmes Waffer befitzt, oder

3) nach einer mit den Wohnräumen verbundenen Bade-Einrichtung, in welche die Warmwaffer-Leitung an derfelben Stelle einmündet, wo man fonft die Zuleitungsröhre vom Badeofen einführt. (Vergl. Abfchn. 5, A, Kap. 6 im nächften Bande diefes «Handbuches«.)

Die Verwendung des warmen Waffers zu Küchen- und Spülzwecken, in Wafchküchen etc. läfft fich faft immer auf die Entnahme deffelben aus einer einfachen Zapfftelle zurückführen.

Die Anlage einer Warmwaffer-Leitung wird fich auf folche Wohnhäufer befchränken, die nur von einer oder von zwei Familien bewohnt werden, z. B. Villen, kleine Miethhäufer und herrfchaftliche Wohnhäufer. Für mehrgefchoffige Miethhäufer, in denen jedes Stockwerk bis unter das Dach hinauf von mehreren Familien bewohnt wird, dürfte eine dem ganzen Gebäude dienende gemeinfchaftliche Anlage nur in feltenen Fällen zur Ausführung kommen, da bei der grofsen Anzahl von Bewohnern der Wafferverbrauch fich fehr fteigert und die Anlage, vor Allem aber die Unterhaltung der Einrichtung bedeutende Unkoften und mancherlei Schwierigkeiten verurfachen würden. Das Bedürfnifs nach warmem Waffer wird in folchen Häufern meiftens nur durch die jeder Wohnung angehörige Koch-Einrichtung befriedigt; in beffer ausgeftatteten Wohnungen werden bisweilen mit den Kochherden befondere Einrichtungen zur Erzeugung und Fortleitung warmen Waffers (nach der Spül-, Bade-Einrichtung etc.) verbunden.

Dient hingegen ein Gebäude einem einzigen gemeinfamen Zwecke, wie dies bei grofsen Gafthöfen, Krankenhäufern, Schlachthallen, Pflege- und Verforgungs-Anftalten, Cafernen, Entbindungs-Anftalten etc. der Fall ift, fo ift die Anlage einer Warmwaffer-Leitung im Intereffe der Zwecke, welche die Thätigkeit innerhalb eines derartigen Gebäudes verfolgt, Bedürfnifs. Ueberall dort, wo warmes Waffer zu jeder Zeit und in reichlichem Mafse vorhanden fein mufs und wo es gilt, Zeit, Mühe und Arbeitskräfte zu fparen, wird eine Warmwaffer-Leitung zur unbedingten Nothwendigkeit.

430. Erwärmen des Waffers.

Bei der Wahl des Mittels zur Erzeugung des warmen Waffers wird man vor Allem danach trachten, die Koften des Erwärmens thunlichft herabzumindern, und defshalb darauf bedacht fein, eine bereits vorhandene Wärmequelle mitzubenutzen oder Abgänge einer folchen auf geeignete Weife nutzbar zu machen.

Zur Erzeugung des warmen Waffers werden daher, wenn Gelegenheit dazu vorhanden ift, benutzt:

1) die vorhandenen Koch- oder Heiz-Einrichtungen,

2) der unmittelbare Dampf eines für andere Zwecke errichteten Dampferzeugers oder

3) der abgehende Dampf einer vorhandenen motorifchen Anlage.

Ift keine der vorgenannten Wärmequellen verfügbar oder ift die vorhandene für den gewünfchten Zweck nicht ausreichend, fo macht fich:

4) die Errichtung von befonderen Waffer-Wärmeinrichtungen nothwendig.

Unter Umftänden können auch

5) Warmwaffer-Leitungen, welche für Heizungszwecke angelegt find, zur Wafferentnahme benutzt werden.

431. Benutzung vorhandener Koch-Einrichtungen.

Die Benutzung vorhandener Koch- (unter Umſtänden auch Heiz-) Einrichtungen geſchieht entweder in der Weiſe, daſs man in den Feuerraum des Kochherdes oder ſonſtigen Wärmeentwicklers die Waſſer-Wärmeinrichtung in Form einer kupfernen Blaſe oder einer eben ſolchen Röhrenſchlange einſetzt, oder daſs man die Blaſe, bezw. Röhrenſchlange in einem Raume anbringt, durch den die abgehenden Feuergaſe ſtreichen. Die Anordnung muſs ſo getroffen ſein, daſs das Waſſer in der Wärmvorrichtung einen Kreislauf vollzieht; das durch eine Röhrenleitung zufließende kalte Waſſer tritt am Boden des Gefäſses oder im tiefſten Punkte der Röhrenſchlange ein, ſteigt bei zunehmender Erwärmung in der Wärmeinrichtung empor und wird an der höchſten Stelle durch eine beſondere Leitung ſeiner Verwendung zugeführt. Es iſt dies das Grundſätzliche jeder Warmwaſſer-Leitung im vorliegenden Sinne, wie es ja auch dasjenige der Warmwaſſer-Heizungen iſt.

Die Einrichtungen, die man mit den in Küchen befindlichen Kochherden in Verbindung bringt, um warmes Waſſer zu erzeugen, werden im folgenden Abſchnitt (im nächſten Bande dieſes »Handbuches«, Abſchn. 5, A, Kap. 2, b) beſprochen werden.

Iſt die vorhandene Heizungs-Anlage, möge ſie nun in einem einfachen Kochherd, Küchenofen oder dem Ofen einer Feuer-Luftheizung beſtehen, nicht für das gehörige und andauernde Erwärmen des Waſſers ausreichend, ſo wird man die Anordnung derart treffen, daſs zwar die Rauchgaſe die Wärm-Einrichtung paſſiren können, auſserdem aber noch eine kleine Feuerungsanlage beſonders für dieſen Zweck vorhanden iſt, welche im Bedarfsfalle als Ergänzung dient oder auch zeitweiſe allein das Erwärmen übernimmt.

432. Beſondere Wärm-Einrichtungen.

Laſſen ſich die vorhandenen Koch-, bezw. Heizungs-Einrichtungen für den fraglichen Zweck nicht verwenden, ſo wird die Errichtung einer ſelbſtändigen Feuerungsanlage nothwendig. Die bezüglichen Vorrichtungen werden in ſehr verſchiedener Form und Conſtruction ausgeführt; doch laſſen ſich zwei Hauptanordnungen unterſcheiden:

1) Die Waſſer-Wärmeinrichtungen haben die gleiche Geſtalt, wie die in den Kochherden angebrachten (Blaſe oder Röhrenſchlange) und werden in eine beſondere (meiſt gemauerte) Feuerſtelle eingehängt. Als Heizmittel kann jeder der üblichen Brennſtoffe, Leuchtgas nicht ausgenommen, benutzt werden.

2) Es kommen Einrichtungen zur Anwendung, welche in gleicher Weiſe conſtruirt ſind, wie die Waſſerwärmer für Warmwaſſer-Heizungen, über welche in Art. 330 (S. 308) das Erforderliche zu finden iſt. In dieſe Gruppe von Waſſerwärmern gehören auch die ſog. Badeöfen, welche zum Erwärmen des für eine Badewanne nothwendigen Waſſers dienen und über welche im nächſten Bande (Abſchn. 5, A, Kap. 6, unter b) dieſes »Handbuches« beſonders geſprochen werden wird.

Damit ein geregelter Kreislauf des Waſſers möglich werde, laſſe man das kalte Waſſer ſtets im unterſten Theile der Röhrenſchlange etc. eintreten und ſchlieſse die Warmwaſſer-Ableitung im oberſten Theile an.

433. Benutzung von Waſſerheizungen.

In gleicher Weiſe, wie es ſtatthaft iſt, den aufſteigenden Röhrenſtrang einer Warmwaſſer-Leitung durch Heizkörper in Zimmern etc. zu führen und ſo das warme Waſſer auch zur Raumheizung zu benutzen, wird man auch umgekehrt einer Warmwaſſer-Heizungseinrichtung warmes Brauchwaſſer entnehmen können, obwohl die Geſammtanlage dadurch eine theuere wird. Es empfiehlt ſich in einem ſolchen Falle, Heizkeſſel und Heizkörper aus Kupfer oder Meſſing anzufertigen, da ſonſt das Waſſer durch Roſt ſtark verunreinigt wird. Auſserdem muſs das Ausdehnungs-

gefäfs (vergl. Art. 287, S. 265) fo eingerichtet fein, dafs felbftthätig Waffer zufliefst in dem Mafse, als folches unten verbraucht wird.

Bei derartigen Anordnungen läfft fich die Wärmeabgabe fchwer regeln, da in unregelmäfsiger Weife bald gröfsere, bald kleinere Mengen warmen Waffers entzogen werden. Es ift defshalb die Anwendung des in Rede ftehenden Verfahrens nur für befondere Fälle geeignet.

434. Erwärmen durch Dampf.

Das Erwärmen des Waffers durch mittelbar oder unmittelbar angewandten Dampf wird nur in den Fällen in Frage kommen, wenn Dampfanlagen zu anderen Zwecken in dem Gebäude felbft oder in unmittelbarer Nachbarfchaft fich befinden. Dient die mafchinelle Anlage zur Wafferverforgung des Gebäudes felbft, fo wird man den abgehenden Dampf der Pumpmafchine zu diefem Zwecke verwenden, indem man nach Art der bekannten Conftruction der Vorwärmer das zu erwärmende Waffer mit dem Dampfe in Berührung bringt. Unmittelbarer Dampf wird auf gleiche Weife nutzbar zu machen fein.

Von Einrichtungen, bei denen durch das mit Waffer gefüllte Gefäfs eine Dampfröhre, bezw. Dampfröhrenfchlange geführt ift, war bereits in Art. 332 (S. 312) die Rede. Anlagen, bei denen man den Wafferdampf in das zu erwärmende Waffer eintreten läfft, werden im nächften Bande (Abfchn. 5, A, Kap. 2) vorgeführt werden.

435. Mittelbares Erwärmen.

Die Anlage einer Warmwaffer-Leitung wird bisweilen dadurch erfchwert, dafs das verfügbare Waffer (insbefondere das der öffentlichen Wafferverforgung entftammende) zu viele fefte Beftandtheile enthält, welche die Wafferwärmer und die Leitungen in unwillkommener Weife füllen: die Nothwendigkeit einer Reinigung kehrt zu oft wieder. Die Rückftände fammeln fich meift nur im Wafferwärmer, wefshalb letzterer unter allen Umftänden bequem und rafch abnehmbar eingerichtet werden follte.

Um indefs bei fehr hartem Waffer eine ausreichende Abhilfe zu fchaffen, kann man daffelbe m i t t e l b a r erwärmen, d. h. man füllt Wafferwärmer und Kreislaufleitung (fiehe Art. 438) mit einem weichen, keine Rückftände hinterlaffenden Waffer (am beften Regenwaffer) und erwärmt unter Anwendung einer Röhrenfchlange im offenen oder gefchloffenen Vorrathsbehälter das Gebrauchswaffer. Wenn man von vornherein dafür Sorge trägt, dafs das Heizwaffer nicht verdunften kann, fo wird nur fehr felten ein Nachfüllen deffelben nothwendig werden.

436. Gefammtanordnung.

An den Verbrauchsftellen mufs das warme Waffer unter entfprechendem Drucke ausfliefsen. Um letzteren hervorzubringen, ift ein Vorrathsbehälter nothwendig, aus dem die Vertheilungsleitung ausmündet und welcher entweder

1) ein offener Wafferbehälter ift, der an einer thunlichft hohen Stelle des betreffenden Gebäudes angeordnet wird, oder

2) als gefchloffener Behälter, fog. *Boiler* ausgebildet wird, in welchem das Waffer unter Druck fteht.

Die erftgedachte Anordnung ift in fo fern die vortheilhaftere, als man den Warmwaffer-Behälter, je nach dem vorhandenen Bedürfnifs, gröfser oder kleiner herftellen kann. Dies ift allerdings auch bei den *Boilern* durchführbar; allein in Rückficht auf den nicht felten ziemlich hohen Wafferdruck müffen diefelben mit recht bedeutenden Wandftärken hergeftellt werden und verurfachen defshalb erhebliche Koften. Sollten fie einen gröfseren Faffungsraum erhalten, fo würden fie unverhältnifsmäfsig theuer zu ftehen kommen. Doch ift die Anordnung mit *Boilern* nicht ohne wichtige Vorzüge, von denen noch die Rede fein wird.

Durch das Erwärmen wird das Einheitsgewicht des Waffers ein geringeres; in Folge deffen findet in jedem Behälter, fei es, dafs er zum Erwärmen des Waffers, fei es, dafs er als Vorrathsbehälter für warmes Waffer dient, eine ftändige Strömung in der Weife ftatt, dafs das wärmere Waffer die oberen, das kältere die unteren Schichten einzunehmen beftrebt ift (fiehe auch Art. 431, S. 451). Aus diefem Grunde ift die Waffer-Wärmeinrichtung ftets tiefer im Gebäude anzuordnen, als der Warmwaffer-Behälter; fonft ift die gegenfeitige Lage ziemlich gleichgiltig.

437. Anordnung mit offenem Warmwaffer-Behälter.

Wafferwärmer und Warmwaffer-Behälter verbindet man am beften durch eine doppelte Röhrenleitung: durch den einen Röhrenftrang, die Fallröhre, fliefst das Waffer aus dem Behälter in die Wärm-Einrichtung, wird in letzterer erwärmt und fteigt alsdann durch den zweiten Röhrenftrang, die Steigröhre, wieder in den Behälter empor. Es findet demnach ein ftetiger Kreislauf ftatt, wefshalb man diefe Doppelleitung wohl auch Kreislauf- oder Circulations-Leitung nennt.

Die Vertheilungsleitung, welche das Waffer aus dem Warmwaffer-Behälter nach den einzelnen Verbrauchsftellen im Gebäude zu führen hat, mündet als befonderer Röhrenftrang aus dem Behälter aus; diefelbe unmittelbar von der Steigröhre der Kreislaufleitung abzweigen zu laffen, ift nicht zu empfehlen, weil es alsdann bei etwas ftärkerem Verbrauche leicht gefchehen kann, dafs an den Zapfftellen kaltes Waffer ausfliefst. Wird der Vertheilungsleitung warmes Waffer entnommen, fo wird im Warmwaffer-Behälter das fehlende Waffer aus der Kaltwaffer-Leitung mittels Schwimmkugelhahns ergänzt.

438. Kreislaufleitung.

Die Kreislaufleitung foll eine thunlichft geringe Länge und möglichft wenige Biegungen haben; auch ift es zweckmäfsig, ihr ein ftarkes und gleichmäfsig vertheiltes Gefälle zu geben. Je vollkommener diefe Regeln erfüllt find, defto weniger Widerftände werden in der Leitung vorhanden fein, und defto vollkommener wird fich der Kreislauf des Waffers vollziehen. Ferner foll, in Rückficht auf letzteren, die Fallröhre im Boden des Warmwaffer-Behälters ausmünden und in den unterften Theil des Wafferwärmers eintreten; die Steigröhre hingegen fchliefst an der höchften Stelle des Wafferwärmers an und mündet in geringer Tiefe unter dem Oberwafferfpiegel des Warmwaffer-Behälters aus.

Die lichte Weite der Kreislaufleitung beträgt unter gewöhnlichen Verhältniffen 20 bis 30 mm; für mittelgrofse Wohnhäufer ift fie mit ca. 25 mm zu bemeffen. Bei ausgedehnteren Anlagen werden gröfsere Röhrenweiten erforderlich; bezüglich der Ermittelung derfelben mufs auf das für die Warmwaffer-Heizung Gefagte (fiehe Art. 266 (S. 243) verwiefen werden.

Für die Kreislaufleitung können galvanifirte fchmiedeeiferne oder kupferne Röhren in Anwendung gebracht werden. Erftere (fiehe Art. 422, S. 424) werden durch Gewinde und Muffen mit einander verfchraubt und mittels Hanf gedichtet. Beffer, allein auch theuerer find Kupferröhren; diefelben empfehlen fich befonders dann, wenn Ablagerungen, namentlich von Keffelftein, zu befürchten find; die Leitung mufs alsdann abnehmbar conftruirt fein. Kupferröhren werden mittels Flanfchen mit einander verbunden; die Dichtung erfolgt durch Leder- (nicht Gummi-) Ringe. Bleiröhren find im vorliegenden Falle ausgefchloffen.

Die Röhrenftränge der Kreislaufleitung follten niemals durch Rohrhaken, fondern ftets durch Rohrfchellen an den Wänden befeftigt werden.

439. Offene Warmwafferbehälter.

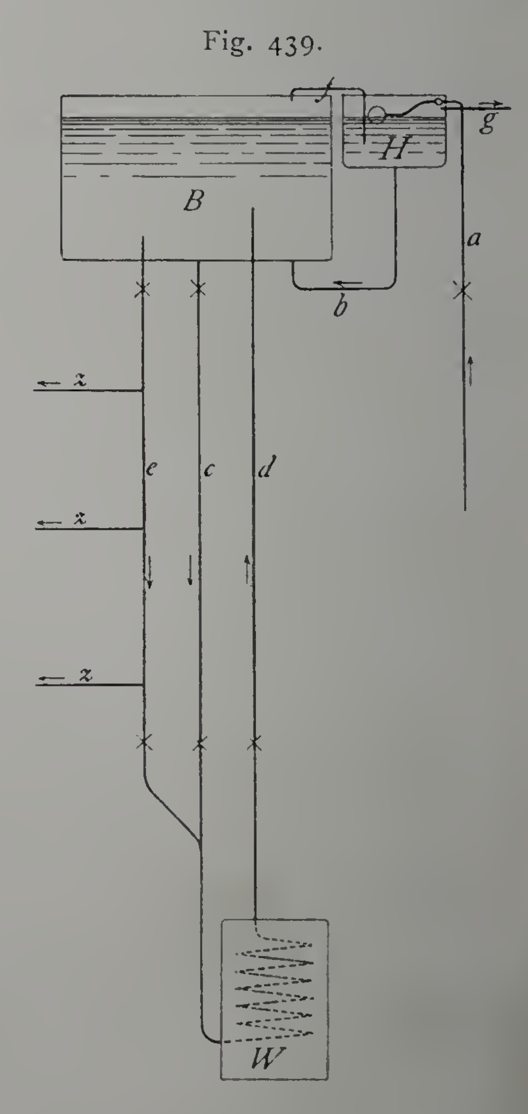
Der Warmwaffer-Behälter findet in der Regel im Dachgefchofs Aufftellung. Sein Faffungsraum mufs zunächft nach dem Bedarfe an warmem Waffer bemeffen

werden; hierzu kommt ein entſprechender Zuſchlag in Rückſicht darauf, daſs ſtets heiſses Waſſer in genügender Menge vorhanden ſein muſs, um bei ſtärkerem Verbrauche an warmem Waſſer die Miſchung mit dem kalten thunlichſt raſch hervorzubringen; weiters iſt auch zu beachten, daſs man aus dem Behälter niemals alles Waſſer entnehmen kann. Für gewöhnliche Privathäuſer ſollte man dem Warmwaſſer-Behälter keinen kleineren Faſſungsraum als 250 l geben; beſſer iſt es, hierbei bis 300 l, ſelbſt 350 l zu gehen. Bei ausgedehnteren Gebäuden und ſtärkerem Verbrauche an warmem Waſſer müſſen noch gröſsere Behälter zur Anwendung kommen.

Die Conſtruction ſolcher Behälter iſt die gleiche, wie jene der in Art. 413 (S. 404) beſchriebenen Kaltwaſſer-Behälter; hauptſächlich kommen hier ſchmiedeeiſerne Behälter in Frage. Um das Waſſer rein zu erhalten und vor zu raſcher Abkühlung thunlichſt zu bewahren, ſchlieſst man den Behälter mit einem Deckel, der am beſten gleichfalls aus Schmiedeeiſen beſteht und auf den oberen Rand der Behälterwände aufgeſchraubt wird.

Die Kaltwaſſer-Zuleitung führe man niemals unmittelbar in den Warmwaſſer Behälter ein, weil die Schwimmkugelhahn-Einrichtung vom heiſsen Waſſer ſtark angegriffen wird. Man ordne vielmehr einen kleinen Hilfsbehälter an, der am beſten aus Guſseiſen hergeſtellt und nur ſo groſs gewählt wird, daſs der Schwimmkugelhahn darin genügend Raum hat, wozu häufig ſchon 20 bis 25 l ausreichen. Hauptbehälter und Hilfsbehälter müſſen durch eine Röhre mit einander in Verbindung ſtehen.

Fig. 439.



Faſſt man das ſoeben und das früher Geſagte zuſammen, ſo ergeben ſich, unter Hinweis auf die ſchematiſche Darſtellung in Fig. 439, für einen Warmwaſſer-Behälter folgende Zu- und Ableitungen:

1) die Kaltwaſſer-Zuleitung *a*, welche mittels Schwimmkugelhahns in den Hilfsbehälter *H* einmündet und meiſtens aus Bleiröhren beſteht;

2) die Verbindungsröhre *b*, welche dem Warmwaſſer-Behälter *B* das kalte Waſſer aus dem Hilfsbehälter zuführt;

3) die Kreislaufleitung, beſtehend aus der nach dem Waſſerwärmer *W* führenden Fallröhre *c* und von letzterem emporſteigenden Steigröhre *d*;

4) die Fallröhre *e* der Vertheilungsleitung;

5) die Dampf-Ableitungs- oder Abdampfröhre *f*, auch Expanſions- oder Exhauſt-Röhre genannt, welche den ſich bildenden Waſſerdampf abzuführen hat; man läſſt dieſelbe am beſten in den Hilfsbehälter einmünden, und zwar unter dem Waſſerſpiegel daſelbſt; doch wird ſie bisweilen auch über Dach geführt;

6) die Ueberlaufröhre *g*, die man am beſten vom Hilfsbehälter *H* ausgehen und thunlichſt lothrecht abfallen läſſt.

Die Warmwaſſer-Behälter müſſen, wo dies durch örtliche Verhältniſſe geboten iſt, durch gute Umhüllung vor Froſt geſchützt werden.

440. Vertheilungsleitung.

Die vom Warmwaſſer-Behälter nach den Verbrauchsſtellen führende Vertheilungsleitung beſteht in der Regel aus dem lothrecht abfallenden Fallſtrang (*e* in Fig. 439), von welchem die nach den Verbrauchsſtellen führenden, wagrechten oder doch nur wenig geneigten Zweigröhren (*z* in Fig. 439) abgehen. Iſt eine Vertheilungsleitung weit verzweigt, ſo kühlt das warme Waſſer darin raſch ab, und es kann leicht der

Fall eintreten, dafs man an den Verbrauchsftellen zunächft kaltes Waffer abzapft; erft wenn man eine ziemlich grofse Menge kälteren Waffers unbenutzt abfliefsen läfft, kommt warmes Waffer zum Vorfchein; ja es kann bei darauf folgendem ftärkerem Wafferverbrauche vorkommen, dafs im Warmwaffer-Behälter das Waffer gar nicht zur richtigen Erwärmung kommt. Um diefen Mifsftänden zu begegnen, fchliefst man nach Fig. 439 das untere Ende des Fallftranges *e* an die Fallröhre *c* der Kreislaufleitung an und erzeugt auf diefe Weife in der Vertheilungsleitung felbft einen Kreislauf des Waffers (auch »zweiter Kreislauf« genannt). Das die letztere durchfliefsende Waffer, welches darin abgekühlt wird, geht in den Wafferwärmer *W* zurück, wird in diefem wieder erwärmt und fteigt in den Warmwaffer-Behälter *B* empor; an den Verbrauchsftellen ift alsdann ftets warmes Waffer vorhanden. Bei gröfseren Anlagen kann man die Vertheilungsleitung mit der Kreislaufleitung mehrere Male verbinden.

Die erwähnten Störungen im Kreislauf des Waffers treten bei mittelbarer Erwärmung deffelben (fiehe Art. 435, S. 452) befonders leicht auf, wefshalb bei derartigen Anlagen der »zweite Kreislauf« niemals fehlen darf. Im Allgemeinen wird derfelbe in ähnlicher Weife, wie eben vorgeführt, angeordnet und eingeleitet; Einzelheiten hierüber find in dem unten genannten Auffatze[313]) zu finden.

Die nach einzelnen Zapfftellen, nach Wafch- und Spül-Einrichtungen führenden Röhren erhalten in der Regel 13 mm, folche nach Bade-Einrichtungen 25 mm und diejenigen nach Wafchküchen 20 bis 25 mm lichte Weite.

Für die Vertheilungsleitungen kommen meift fchmiedeeiferne Röhren zur Anwendung; die Verbindungen, Dichtungen, Abzweigungen, Compenfations-Vorrichtungen etc. find die gleichen, wie bei der Wafferheizung. Bleiröhren kommen für Warmwaffer-Leitungen feltener zur Anwendung und dann nur für den Fallftrang und für kurze Abzweige nach Zapfftellen; man gebe in folchen Fällen den Röhren eine möglichft grofse Wandftärke, da die wechfelnde Temperatur des Waffers, welche bis auf 60 bis 75 Grad fteigt, zu fchwache Röhren bleibend ausdehnt und fortgefetzt erweitert, bis fchliefslich ein Bruch erfolgt. Man bringt daher für kleine Zweigleitungen mit Vortheil auch Kupferröhren zur Anwendung. Die letzteren empfehlen fich in Rückficht auf den Roft überhaupt mehr, als eiferne Röhren; doch ift der hohe Preis derfelben der allgemeineren Anwendung hinderlich.

Die Röhrenleitungen für warmes Waffer wird man in derfelben Weife im Gebäude führen, als dies mit Kaltwaffer-Leitungen gefchieht. Man legt fie am beften in eine Ausnifchung der Wand oder an die Wand und verfieht fie mit einer Holzverkleidung. Selbftverftändlich wird man Fall- und Steigleitungen unmittelbar neben einander legen, während man die Kaltwaffer-Leitung an einer anderen geeigneten Stelle im Gebäude hoch führt. Im Uebrigen gilt das in Kap. 9 (unter b) für Wafferheizungsröhren Gefagte.

Eine Warmwaffer-Leitung darf auch durch kalte Räume gelegt werden, vorausgefetzt, dafs fie den Winter über unausgefetzt im Gange bleibt. Wird hingegen zeitweilig der Betrieb unterbrochen und ift daher im Winter ein Einfrieren der Leitung zu befürchten, fo ift es nothwendig, die Leitung während der Zeit der Nichtbenutzung zu entleeren.

441. Ventile.

Als Abfperrventile der Leitungen, von denen mindeftens je eines in die Fall- und Steigröhre einzufchalten ift und welche am beften in die unmittelbare Nähe

313) RINGLER, E. Die indirekte Erwärmung von Waffer und die zweite Zirkulation bei Warmwafferleitungen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 361.

des Warmwaffer-Behälters zu legen find, wendet man Metallventile mit kegelförmigen Ventilflächen nach Art der Conftruction von Dampfventilen an. Die in Art. 416 (S. 411) erwähnten Nachtheile der Hähne machen fie zwar, wie bereits in Art. 423 (S. 427) gefagt wurde, für Kaltwaffer-Leitungen wenig empfehlenswerth; für Warmwaffer-Leitungen bilden fie indefs das zweckmäfsigfte Abfchlufsmittel.

Als Zapfhähne empfehlen fich die einfachen Gummi-Niederfchraubventile (vergl. Art. 425, S. 437); jedoch ift darauf zu achten, dafs zu den Gummiplatten beftes und gut vulcanifirtes Material verwendet wird. Bei Wafchtifch-, Bade-Einrichtungen etc., welche zwei Ventile, und zwar für kaltes und warmes Waffer, befitzen, verfieht man die Zapfhähne mit den deutlichen Bezeichnungen »*Kalt*« und »*Warm*«.

442. Waffer-verforgung einer Villa.

Schliefslich feien noch zur Veranfchaulichung des im vorliegenden Kapitel Gefagten die von Ingenieur *Stumpf* in Berlin conftruirten Anlagen zur Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Waffer befchrieben [314].

α) Kaltwaffer-Leitung. Auf neben ftehender Tafel ift ein Schnitt durch die Wirthfchaftsräume diefer zweigefchoffigen Villa dargeftellt. Im Kellergefchofs ift neben der Wafchküche ein kleiner, wenig Brennftoff erfordernder Dampfkeffel *a* aufgeftellt, welcher die unmittelbar daneben gelegene, doppelt wirkende Dampfpumpe einfacher Conftruction treibt. Diefelbe faugt das Waffer aus einem in der Nähe befindlichen Brunnenfchachte und führt es durch die Druckröhre *b* unmittelbar nach dem im Dachgefchofs aufgeftellten Kaltwaffer-Behälter *c*. Dadurch, dafs die Pumpe doppelt wirkend ift, ift es möglich, dafs diefe Druckröhre gleichzeitig Hauptvertheilungsröhre der Kaltwaffer-Leitung ift. Es fchliefsen fich daran unmittelbar die Zweigleitungen *w* nach der Wafchküche (im Kellergefchofs), ferner *l* nach der Küche und *d* nach dem Speifezimmer (im Erdgefchofs), endlich *e* nach der im Schlafzimmer aufgeftellten Wafchtifch-Einrichtung, *i* nach dem Spülabort und *f* nach dem Badezimmer (im Obergefchofs). Die Zweigleitungen *g*, dicht über der Pumpe, welche durch den Hahn *n* ganz abfperrbar find, bezw. im Winter fich entleeren laffen, verforgen im Garten den Springbrunnen *h* und Sprenghähne *k* (vergl. Art. 425, S. 438), welche einzeln aufser Thätigkeit gefetzt werden können.

Wenn im Garten Waffer gebraucht wird, arbeitet die Dampfpumpe unausgefetzt. Sonft genügt es, den Behälter *c* immer gefüllt zu halten; behuf fteter Controle hierüber wird durch eine an einem Schwimmer befeftigte Kette der Wafferftand des Behälters im Kellergefchofs neben dem Dampfkeffel *a* angezeigt. Eine Anzeigeröhre, welche nach unten geführt ift, giebt aufserdem dadurch, dafs fie beginnt, Waffer zu fpeien, den Zeitpunkt an, fobald der Behälter ganz gefüllt ift.

Die ganze Leitung wird, im Falle eine Ausbefferung nothwendig ift, durch den Haupthahn *d* abgefperrt.

β) Warmwaffer-Leitung. Diefe ift, wie folgt, angelegt. Der Kaltwaffer-Behälter *c* fpeist mittels eines Schwimmkugelhahnes *r* den kleineren und etwas tiefer ftehenden Warmwaffer-Behälter *m*. Von diefem führt ein Röhrenftrang *p* nach der im Kellergefchofs neben Keffel und Dampfpumpe ftehenden Wärm-Einrichtung *s*, in deren unteren Boden er einmündet. Diefe Wärm-Einrichtung ift gänzlich mit Waffer gefüllt; die Steigröhre *t* führt aus derfelben bis in das Dachgefchofs. Im Wafferwärmer, alfo vom Waffer umfpült, liegt eine Röhrenfchlange, welche am unteren Ende entweder den von der Pumpe abgehenden Dampf oder auch, wenn diefe fteht, frifchen Keffeldampf (aus *a*) empfängt und deren Fortfetzung am anderen Ende die Dampf-Ableitungsröhre *z* bildet, die über das Dach geführt ift und in welche oben die Steigröhre *t* mündet. Von letzterer zweigen die kurzen Röhrenftränge *w'* nach der Wafchküche, *l'* nach der Küche, *d'* nach dem Speifezimmer und *e'*, *f'* nach der Wafchtifch-Einrichtung des Schlafzimmers und nach dem Badezimmer ab.

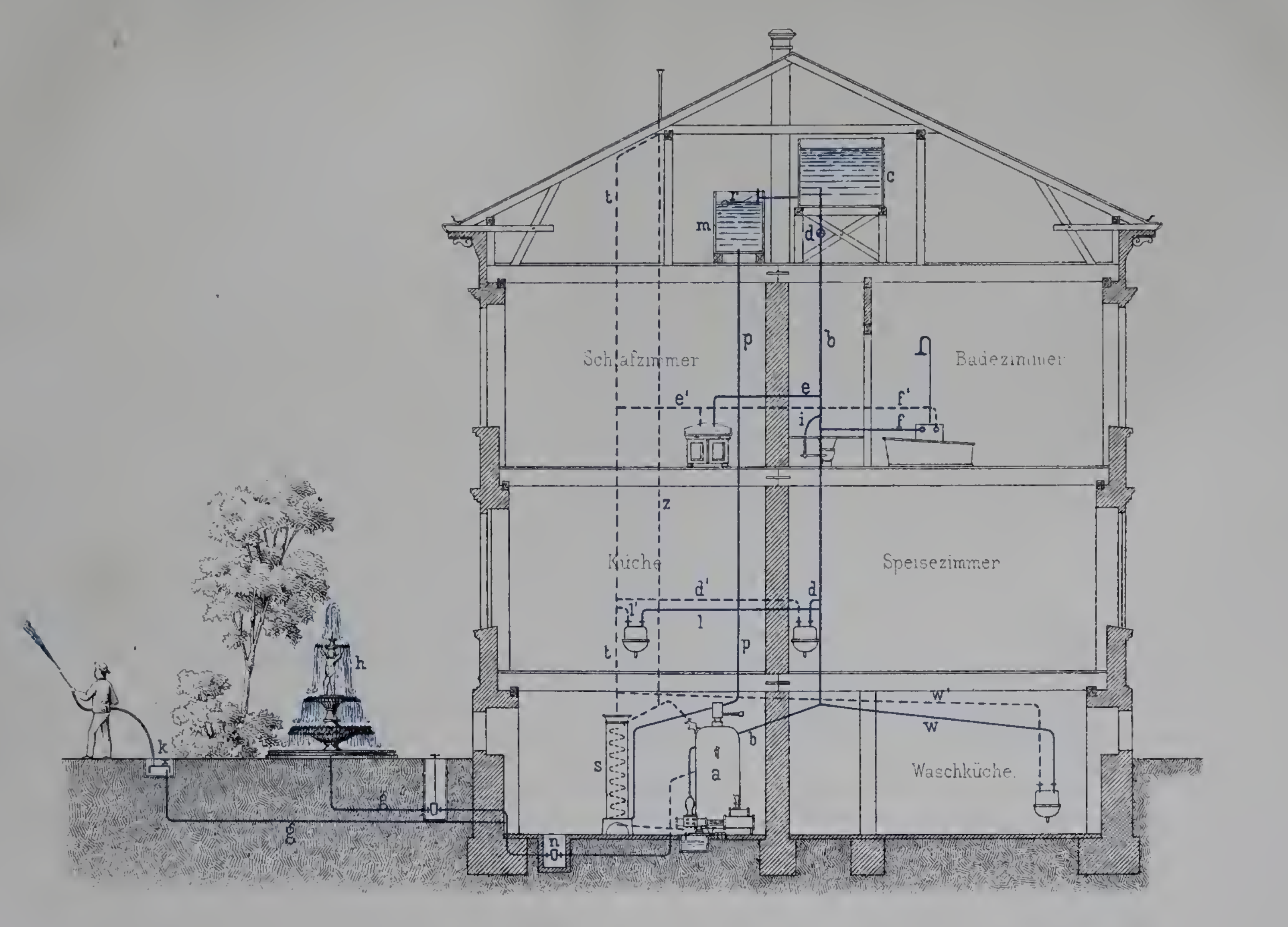
Die Wirkungsweife diefer Einrichtungen ift folgende. Sobald der Dampf in der Röhrenfchlange kreist, erwärmt fich das Waffer (welches felbftredend in der Röhre *t* eben fo hoch fteht, wie der Wafferfpiegel im Behälter *m*) im Wafferwärmer *s*, und die warmen Waffertheilchen fteigen in der Röhre *t* empor. Somit kann man aus allen mit *t* zufammenhängenden Zweigleitungen warmes Waffer erhalten, entfprechend dem Faffungsraume der Wärm-Einrichtung felbft noch eine geraume Zeit, nachdem der Dampf aufgehört hat, durch die Schlange zu kreifen. In dem Mafse, als an den einzelnen Zapfftellen warmes Waffer verbraucht wird, finkt kaltes aus dem Behälter *m* nach unten in den Wafferwärmer. Der Wafferfpiegel in *m* wird, wie bereits angedeutet, durch einen Schwimmkugelhahn *r* ftets auf einer beftimmten Höhe erhalten.

---

[314]) Nach: Deutfche Bauz. 1870, S. 311.

Zu S. 456.

VERSORGUNG EINER VILLA MIT KALTEM UND WARMEM WASSER.



Aus: Deutsche Bauz. 1870, S. 311



Die Steigröhre t follte mit Vortheil in den Behälter m einmünden, damit ein Kreislauf des Waffers ftattfinden und eine zu ftarke Erhitzung deffelben bis zur Siede-Temperatur nach längerem Stillftehen nicht eintreten kann.

Das in der Röhrenfchlange und in der Abdampfröhre fich bildende Condenfationswaffer wird nach einem kleinen Behälter geleitet, in dem die Keffel-Speifepumpe v fteht, die übrigens auch aus dem Brunnen faugen kann, falls Condenfationswaffer nicht vorhanden ift. Eben fo befteht die Einrichtung, dafs der Keffel auch durch die Dampfpumpe, wenn diefe im Gange ift, gefpeist wird.

443. Anordnung mit *Boiler.*

Wie fchon in Art. 436 (S. 452) angedeutet wurde, ift ein *Boiler* ein allfeitig gefchloffener Vorrathsbehälter, in welchen das kalte Waffer unter dem unmittelbaren Drucke der Kaltwaffer-Leitung eintritt und aus welchem es unter gleichem Drucke ausftrömt. Wenn es fich um nur kleinere Anlagen handelt, gewährt die Anordnung mit *Boilern* jener mit offenem Warmwaffer-Behälter gegenüber folgende Vortheile:

1) Offene Behälter müffen, in Rückficht auf die zu erzielende Druckhöhe, an einem hoch gelegenen Punkte des Gebäudes, in der Regel im Dachgefchofs, Aufftellung finden; *Boiler* können faft in jedem beliebigen Raume ftehen; man ordnet fie am liebften in nächfter Nähe des Wafferwärmers (fehr häufig des Küchenherdes) an.

2) Die kurze Kreislaufleitung begünftigt die Erwärmung des Waffers.

3) *Boiler,* die unter unmittelbarem Drucke ftehen, machen den Hilfsbehälter, den Schwimmkugelhahn und die Ueberlaufröhre überflüffig.

Von der Einrichtung und Conftruction der *Boiler* wird im nächften Bande (Abfchn. 5, A, Kap. 2, b) diefes »Handbuches« gehandelt werden. An diefer Stelle fei nur bemerkt, dafs das kalte Waffer in der Regel durch den Boden, feltener durch die Decke des Behälters unmittelbar in denfelben eintritt, und dafs zwifchen *Boiler* und Wafferwärmer ein ganz ähnlicher Kreislauf des Waffers, wie bei Anwendung eines offenen Warmwaffer-Behälters, ftattfindet. Die Kaltwaffer-Zuleitung ift ftändig geöffnet; fobald der Vertheilungsleitung warmes Waffer entnommen wird, tritt eine eben fo grofse Kaltwaffermenge in den *Boiler* ein, übergeht in den Wafferwärmer etc. Es mufs dafür geforgt fein, dafs kaltes Waffer ftets in den *Boiler,* niemals aber warmes Waffer in die Kaltwaffer-Leitung treten kann.

Man kann dem *Boiler* das kalte Waffer auch aus einem im Dachgefchofs aufgeftellten Kaltwaffer-Behälter, welcher entweder durch eine Wafferhebemafchine oder auch von einer öffentlichen Wafferverforgung gefpeist wird (fiehe Art. 413, S. 402), zuführen. Es ift hierbei ein kleiner Hilfs- (Expanfions-) Behälter nothwendig, der vom Hauptbehälter mittels Schwimmkugelhahns kaltes Waffer erhält; von diefem wird das Waffer durch eine Fallröhre nach dem *Boiler* geleitet, und letzterer fteht durch zwei Röhren mit dem Wafferwärmer in Verbindung, wodurch der Kreislauf des Waffers hervorgerufen wird. Von der Decke des *Boilers* ragt etwa 15 bis 20 cm die Steigröhre hinein, welche das warme Waffer in den Hilfs-Behälter zurückführt; von derfelben zweigen auch die Vertheilungsleitungen ab.

Eine folche Anordnung hat vor der früheren den Vorzug voraus, dafs Explofionen des *Boilers* ausgefchloffen find.

Literatur

über »Hauswafferleitungen«.

FROMMANN. Gründlicher Unterricht zur Anlegung von Wafferleitungen. Coblenz 1840.

Diftribution de l'eau dans les habitations. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 241, 289.

Diftribution d'eau dans une maifon contenant environ cent locataires. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 300.

KÜMMEL. Beiträge zur Conftruction von Wafferanlagen, insbefondere zu häuslichen Zwecken. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover. 1860, S. 255; 1861, S. 6, 71.

GILL. Abbildungen und Erläuterungen von Wafferleitungs-Apparaten im Innern der Häufer und Wohnungen. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1860, S. 217.

SCHMIDT, E. H. Die Anlage von Kalt- und Warmwafferleitungen in Wohngebäuden. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1863, S. 47.

Ueber die Anlage der Wafferleitungen für das Haus. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1866, S. 12, 26.
HERMANN. Apparate zur Vertheilung des Waffers in den Städten und zwar auf den Strafsen wie in Wohnungen. Allg. Bauz. 1867, S. 373.
GIRARD, L. D. *Élévations d'eau. Alimentation des villes et diftribution de force à domicile.* Paris 1868.
JOLY, V. CH. *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la diftribution de l'eau dans les habitations particulières.* Paris 1868.
SALBACH, B. Die Wafferleitung in ihrem Bau und ihrer Verwendung in Wohngebäuden, zu Wafch-, Bade-, Clofet- und Feuerlöfcheinrichtungen, zur Gartenbewäfferung und zu Springbrunnen. Halle 1870. — 2. Aufl. 1870.
STUMPF. Zur Anlage unferer Haus-Wafferleitungen. Deutfche Bauz. 1871, S. 61. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1871, S. 649.
BLUM. Einrichtung von Wafferleitungen in Häufern mit Anwendung der Gasmafchine von LANGEN und OTTO. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 166.
PÜTSCH. Privat-Wafferleitungen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 308.
Diftribution d'eaux dans les maifons particulières. Revue gén. de l'arch. 1872, S. 61, 115, 151, 217.
Bericht über die Weltausftellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der öfterr. Commiffion. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wafferleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877.
Sanitary fcience and practice. Iron, Bd. 10, S. 616.
LÜDICKE, A. Praktifches Handbuch für Kunft-, Bau- u. Mafchinenfchloffer. Weimar 1878.
Eine Hauswafferleitung, wie fie nicht fein foll. Rohrleger 1878, S. 124.
Eine Hauswafferleitung, wie fie fein foll. Rohrleger 1878, S. 163, 185.
Diftribution des eaux dans l'intérieur des propriétés particulières. La femaine des conft. Jahrg. 2, S. 618.
DENTON, J. B. *Houfe fanitation, water fupply, and domeftic filtration etc.* London 1879.
Affainiffement des habitations. Écoulement des eaux ménagères. Revue gén. de l'arch. 1879, S. 257 u. Pl. 11—12.
FATH. *Diftribution des eaux dans les maifons particulières. La femaine des conft.,* Jahrg. 3, S. 8, 618.
WHITE, W. *Domeftic plumbing and water fervice.* London 1880.
OELRICHS, B. Wafferleitungsapparate auf der Berliner Gewerbeausftellung. Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1880, S. 201, 227, 234.
L'eau à volonté. Moniteur des arch. 1880, S. 49, 65, 81.
PARRY, J. *Water: its compofition, collection, and diftribution.* London 1880.
SCHOLTZ, A. Conftruction und Anlage der Gas- und Wafferleitungen in Gebäuden etc. Stuttgart 1881.
DAVIES, P. J. *Practical notes on plumbing. Building news,* Bd. 41, S. 822; Bd. 43, S. 504, 532, 584, 614, 629, 660, 690, 810; Bd. 44, S. 8, 38, 96, 124, 315, 377, 392, 525, 566, 583, 626, 726, 805, 866, 904; Bd. 45, S. 13, 48, 104, 146, 225, 265, 307, 344, 364, 441, 506, 546, 627, 683.
KÖNIG, F. Hauswafferleitungen etc. Leipzig 1882.
BENHAM, R. F. *The fupply of water to our homes.* London 1882.
Die Wafferabgabe aus der ftädtifchen Wafferleitung in der königl. Haupt- und Refidenzftadt München. München 1883.
Alimentation d'eau des maifons de campagne et de leurs dépendences. Revue gén. de l'arch. 1883, S. 4, 54; 1885, S. 8; 1886, S. 34.
Unfere Privat-Wafferleitungen. Gefundh.-Ing. 1884, S. 583.
RICH, W. E. *Water fupply to country houfes and ifolated public buildings. Architect,* Bd. 31, S. 221.
EASSIE, W. *The fyftems of heating water in bafements of houfes for fupply of hot water there, and alfo hot water for upftairs purpofes. Sanit. record,* Bd. 16, S. 293.
BEIELSTEIN, W. Die Wafferleitung im Wohngebäude etc. Weimar 1885.
DYE, E. *Hot-water-fupply etc.* London 1887.
PUTNAM, J. P. *The water-fupply of buildings. American architect,* Bd. 21, S. 39, 99, 123, 183.
BEIELSTEIN, W. Die Inftallation der Warmwafferanlagen etc. Weimar 1889.
RINGLER, E. Die indirekte Erwärmung von Waffer und die zweite Zirkulation bei Warmwafferleitungen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 361.



Berichtigungen.

S. 123, Tabelle *a*: Die mit *Pr* bezeichnete Spalte gehört nicht unter die Bruchfteinmauern; aus dem betreffenden Erlafs ift eher zu fchliefsen, dafs die angeführten Werthe von *k* für alle irgend wie gearteten Mauern gelten follen.

S. 186, Zeile 21 v. o.
Marg.-Titel 205 } : Statt »*Wolpert*'s Anemometer« zu lefen: »*Wolpert*'s Anemofcope«.

Vom

Handbuch der Architektur

ift bis jetzt erfchienen:

I. Theil. **Allgemeine Hochbaukunde.**

1. Band, erfte Hälfte: Einleitung. (Theoretifche und hiftorifche Ueberficht.) Von Director Dr. *A. v. Effenwein* in Nürnberg. — Die Technik der wichtigeren Bauftoffe. Von Hofrath Profeffor Dr. *W. F. Exner* in Wien, Profeffor *H. Hauenfchild* in Berlin und Profeffor *G. Lauböck* in Wien. (Preis: 8 Mark.)

1. Band, zweite Hälfte: Die Statik der Hochbau-Conftructionen. Von Profeffor *Th. Landsberg* in Darmftadt. (Zweite Aufl.; Preis: 12 Mark.)

II. Theil. **Hiftorifche und technifche Entwickelung der Bauftile.**

1. Band: Die Baukunft der Griechen. Von Baudirector Profeffor Dr. *J. Durm* in Karlsruhe. (Preis: 16 Mark.)

2. Band: Die Baukunft der Etrusker und der Römer. Von Baudirector Profeffor Dr. *J. Durm* in Karlsruhe. (Preis: 20 Mark.)

3. Band, erfte Hälfte: Die Ausgänge der claffifchen Baukunft (Chriftlicher Kirchenbau). — Die Fortfetzung der claffifchen Baukunft im oftrömifchen Reiche (Byzantinifche Baukunft). Von Director Dr. *A. v. Effenwein* in Nürnberg. (Preis: 12 Mark 60 Pf.)

3. Band, zweite Hälfte: Die Baukunft des Islam. Von Director *Franz-Pafcha* in Cairo. (Preis: 11 Mark.)

4. Band: Die romanifche und die gothifche Baukunft. Von Director Dr. *A. v. Effenwein* in Nürnberg. Erftes Heft: Die Kriegsbaukunft. (Preis: 16 Mark.)

III. Theil. **Hochbau-Conftructionen.**

1. Band: Conftructions-Elemente in Stein, Holz und Eifen. Von Profeffor *G. Barkhaufen* in Hannover, Baurath Profeffor Dr. *F. Heinzerling* in Aachen und Profeffor *E. Marx* in Darmftadt. — Fundamente. Von Geh. Baurath Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt. (Preis: 15 Mark.)

4. Band: Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Von Geh. Baurath Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt. — Künftliche Beleuchtung der Räume. Von Profeffor *Hermann Fifcher* und Profeffor Dr. *W. Kohlraufch* in Hannover. — Heizung und Lüftung der Räume. Von Profeffor *Hermann Fifcher* in Hannover. — Wafferverforgung der Gebäude. Von Privatdocent Ingenieur *O. Lueger* in Stuttgart. (Zweite Aufl.; Preis: 22 Mark.)

5. Band: Koch-, Spül-, Wafch- und Bade-Einrichtungen. Von Civilingenieur *Damcke* in Berlin, Profeffor *Marx* in Darmftadt und Geh. Baurath Profeffor Dr. *Schmitt* in Darmftadt. — Entwäfferung und Reinigung der Gebäude; Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwaffers; Aborte und Piffoirs; Entfernung der Fäcalftoffe aus den Gebäuden. Von Baumeifter *Knauff* in Berlin, Baurath *Salbach* in Dresden und Geh. Baurath Profeffor Dr. *Schmitt* in Darmftadt. (Preis: 18 Mark.)

6. Band: Sicherungen gegen Einbruch. Von Profeffor *E. Marx* in Darmftadt. — Anlagen zur Erzielung einer guten Akuftik. Von Baurath *A. Orth* in Berlin. — Glockenftühle. Von Geh. Finanzrath *Köpcke* in

Dresden. — Sicherungen gegen Feuer, Blitzfchlag, Bodenfenkungen und Erderfchütterungen. Von Kreis-Bauinfpector *E. Spillner* in Effen. — Terraffen und Perrons, Freitreppen und Rampen-Anlagen, Vordächer. Von Profeffor † *F. Ewerbeck* in Aachen. — Stützmauern, Behandlung der Trottoire und Hofflächen, Eisbehälter. Von Kreis-Bauinfpector *E. Spillner* in Effen. (Preis: 10 Mark.)

IV. Theil. **Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude.**

1. Halbband: **Die architektonifche Compofition:**

Allgemeine Grundzüge. Von Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. — Die Proportionen in der Architektur. Von Profeffor *A. Thierfch* in München. — Die Anlage des Gebäudes. Von Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. — Die Geftaltung der äufseren und inneren Architektur. Von Profeffor *J. Bühlmann* in München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Profeffor † *L. Bohnftedt* in Gotha und Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. (Preis: 16 Mark.)

3. Halbband: **Gebäude für landwirthfchaftliche und Approvifionirungs-Zwecke:**

Landwirthfchaftliche Gebäude und verwandte Anlagen (Ställe für Arbeits-, Zucht- und Luxuspferde, Wagen-Remifen; Geftüte und Marftall-Gebäude; Rindvieh-, Schaf-, Schweine- und Federviehftälle; Feimen, offene Getreidefchuppen und Scheunen; Magazine, Vorraths- und Handelsfpeicher für Getreide; gröfsere landwirthfchaftliche Complexe). Von Baurath *F. Engel* in Berlin und Geh. Baurath Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt.

Gebäude für Approvifionirungs-Zwecke (Schlachthöfe und Viehmärkte; Markthallen und Marktplätze; Brauereien, Mälzereien und Brennereien). Von Profeffor *A. Geul* in München, Stadt-Baurath *G. Ofthoff* in Berlin und Geh. Baurath Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt. (Preis: 23 Mark.)

4. Halbband: **Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke:**

Schank- und Speife-Locale, Kaffeehäufer und Reftaurants. Von Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. — Volksküchen und Speife-Anftalten für Arbeiter; Volks-Kaffeehäufer. Von Geh. Baurath Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt.

Oeffentliche Vergnügungs-Locale. Von Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. — Fefthallen. Von Baudirector Profeffor Dr. *J. Durm* in Karlsruhe.

Hotels. Von Baurath *H. von der Hude* in Berlin. — Gafthöfe niederen Ranges, Schlafhäufer und Herbergen. Von Geh. Baurath Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt.

Baulichkeiten für Cur- und Badeorte (Cur- und Converfationshäufer; Trinkhallen, Wandelbahnen und Colonnaden). Von Architekt † *J. Mylius* in Frankfurt a. M. und Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt.

Gebäude für Gefellfchaften und Vereine (Gebäude für gefellige Vereine, Clubhäufer und Freimaurer-Logen; Gebäude für gewerbliche und fonftige gemeinnützige Vereine; Gebäude für gelehrte Gefellfchaften, wiffenfchaftliche und Kunftvereine). Von Geh. Baurath Profeffor Dr. *E. Schmitt* und Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt.

Baulichkeiten für den Sport (Reit- und Rennbahnen; Schiefsftätten und Schützenhäufer; Kegelbahnen; Eis- und Rollfchlittfchuhbahnen etc.). Von Architekt *J. Lieblein* in Frankfurt a. M., Profeffor *R. Reinhardt* in Stuttgart und Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt.

Sonſtige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung (Panoramen; Orcheſter-Pavillons; Stibadien und Exedren, Pergolen und Veranden; Gartenhäuſer, Kioske und Pavillons). Von Baudirector Profeſſor Dr. *J. Durm* in Karlsruhe, Architekt *J. Lieblein* in Frankfurt a. M. und Geh. Baurath Profeſſor *H. Wagner* in Darmſtadt. (Preis: 23 Mark.)

6. Halbband: **Gebäude für Erziehung, Wiſſenſchaft und Kunſt.**

Heft 1: Niedere und höhere Schulen (Schulbauweſen im Allgemeinen; Volksſchulen und andere niedere Schulen; Gymnaſien und Real-Lehranſtalten, mittlere techniſche Lehranſtalten, höhere Mädchenſchulen, ſonſtige höhere Lehranſtalten; Penſionate und Alumnate, Lehrer- und Lehrerinnen-Seminare, Turnanſtalten). Von Stadtbaurath *G. Behnke* in Frankfurt a. M., Oberbaurath Profeſſor *H. Lang* in Karlsruhe, Architekt *O. Lindheimer* in Frankfurt a. M., Geh. Baurath Profeſſor Dr. *Schmitt* in Darmſtadt und Geh. Baurath Profeſſor *Wagner* in Darmſtadt. (Preis: 16 Mark.)

Heft 2: Hochſchulen, zugehörige und verwandte wiſſenſchaftliche Inſtitute (Univerſitäten; techniſche Hochſchulen; naturwiſſenſchaftliche Inſtitute; mediciniſche Lehranſtalten der Univerſitäten; techniſche Laboratorien; Sternwarten und andere Obſervatorien). Von Regierungs- u. Baurath *H. Eggert* in Berlin, Baurath *C. Junk* in Berlin, Profeſſor *C. Körner* in Braunſchweig, Geh. Baurath Profeſſor Dr. *Schmitt* in Darmſtadt, Geh. Ober-Regierungsrath *P. Spieker* in Berlin und Geh. Regierungsrath *L. v. Tiedemann* in Potsdam. (Preis: 30 Mark.)

7. Halbband: **Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Geſetzgebung; Militärbauten:**

Gebäude für Verwaltungsbehörden und private Verwaltungen (Stadt- und Rathhäuſer; Gebäude für Miniſterien, Botſchaften und Geſandtſchaften; Geſchäftshäuſer für Provinz-, Kreis- und Ortsbehörden; Geſchäftshäuſer für ſonſtige öffentliche und private Verwaltungen; Leichenſchauhäuſer). Von Profeſſor *F. Bluntſchli* in Zürich, Stadt-Baurath *Kortüm* in Erfurt, Ober-Bauinſpector † *H. Meyer* in Oldenburg, Stadt-Baurath *G. Oſthoff* in Berlin, Geh. Baurath Profeſſor Dr. *E. Schmitt* in Darmſtadt, Baurath *F. Schwechten* in Berlin und Geh. Baurath Profeſſor *H. Wagner* in Darmſtadt.

Gerichtshäuſer, Straf- und Beſſerungs-Anſtalten. Von Baudirector *v. Landauer* in Stuttgart, Geh. Baurath Prof. Dr. *E. Schmitt* in Darmſtadt und Geh. Baurath *H. Wagner* in Darmſtadt.

Parlamentshäuſer und Ständehäuſer. Von Geh. Baurath Profeſſor *H. Wagner* in Darmſtadt und Baurath *P. Wallot* in Berlin.

Gebäude für militäriſche Zwecke (Gebäude für die oberſten Militär-Behörden; Caſernen; Exercier-, Schieſs- und Reithäuſer; Wachgebäude; militäriſche Erziehungs- und Unterrichts-Anſtalten). Von Ingenieur-Major *F. Richter* in Dresden. (Preis 32 Mark.)

Unter der Preſſe:

III. Theil. **Hochbau-Conſtructionen.**

2. Band: Wände und Wandöffnungen. Von Profeſſor *E. Marx* in Darmſtadt. — Einfriedigungen, Brüſtungen, Geländer, Balcons und Erker. Von Profeſſor † *F. Ewerbeck* in Aachen und Geh. Baurath Profeſſor Dr. *Schmitt* in Darmſtadt. — Geſimſe. Von Profeſſor *Göller* in Stuttgart.

IV. Theil. **Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude.**

5. Halbband: **Gebäude für Heil- und fonftige Wohlfahrts-Anftalten.**

Heft 2: Verfchiedene Heil- und Pflege-Anftalten (Irren-Anftalten; Entbindungs-Anftalten; Thier-Heilanftalten); Pfleg-, Verforgungs- und Zufluchtshäufer. Von Stadtbaurath *Behnke* in Frankfurt a. M., Oberbaurath und Geh. Regierungsrath † *Funk* in Hannover und Profeffor *Henrici* in Aachen.

6. Halbband: **Gebäude für Erziehung, Wiffenfchaft und Kunft.**

Heft 3: Gebäude für Ausübung der Kunft und Kunftunterricht (Künftler-Arbeitsftätten; Kunftfchulen; Mufikfchulen u. Confervatorien; Concert- und Saalgebäude; Theater; Circus- und Hippodrom-Gebäude). Von Oberbaurath Profeffor Dr. *v. Leins* in Stuttgart, Baudirector *Licht* in Leipzig, Architekt *R. Opfermann* in Mainz, Geh. Baurath Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt, Architekt *M. Semper* in Hamburg, Profeffor Dr. *H. Vogel* in Berlin und Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt.

Heft 4: Gebäude für Sammlungen und Ausftellungen (Archive, Bibliotheken und Mufeen; Baulichkeiten für zoologifche Gärten etc.; Aquarien; Pflanzenhäufer; Ausftellungs-Gebäude). Von Geh. Regierungsrath Profeffor *H. Ende* in Berlin, Baurath *C. Junk* in Berlin, Baurath † *A. Kerler* in Karlsruhe, Stadt-Baurath *Kortüm* in Erfurt, Architekt *O. Lindheimer* in Frankfurt a. M., Regierungs-Baumeifter *A. Meffel* in Berlin, Architekt *R. Opfermann* in Mainz und Geh. Baurath Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt.

9. Halbband: **Der Städtebau.** Von Stadt-Baurath *J. Stübben* in Köln.

In Vorbereitung:

II. Theil. **Hiftorifche und technifche Entwickelung der Bauftile.**

4. Band: Die romanifche und die gothifche Baukunft. Von Director Dr. *A. v. Effenwein* in Nürnberg. Zweites Heft.

III. Theil: **Hochbau-Conftructionen.**

5. Band. — Zweite Auflage.

IV. Theil. **Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude.**

1. Halbband: **Die architektonifche Compofition.** — Zweite Auflage.

3. Halbband: **Gebäude für landwirthfchaftliche und Approvifionirungs-Zwecke.**
Heft 2: Schlachthöfe und Viehmärkte; Markthallen und Marktplätze. — Zweite Auflage.

5. Halbband: **Gebäude für Heil- und fonftige Wohlfahrts-Anftalten.**
Heft 1: Krankenhäufer. Von Profeffor *F. O. Kuhn* in Berlin.
Heft 3: Bade-, Schwimm- und Wafch-Anftalten. Von Architekt *F. Genzmer* und Stadt-Baurath *J. Stübben* in Köln.

Arnold Bergfträfser

in Darmftadt.

Das

Handbuch der Architektur

ift in nachftehender Weife gegliedert:

ERSTER THEIL.

ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

Einleitung. (Theoretifche und hiftorifche Ueberficht.)

Bearbeiter: Director Dr. v. ESSENWEIN in Nürnberg.

I. Abth. Die Technik der wichtigeren Bauftoffe.

Bearbeiter: Hofrath Profeffor Dr. EXNER in Wien, Profeffor HAUENSCHILD in Berlin, Profeffor LAUBÖCK in Wien.

Conftructionsmaterialien: Stein. Keramifche Erzeugniffe. Die Mörtel und ihre Grundftoffe. Beton. Holz. Eifen und Stahl. — Materialien des Ausbaues: Verfchiedene Metalle. Bituminöfe Bauftoffe. Sonftige Bauftoffe.

II. Abth. Die Statik der Hochbau-Conftructionen.

Bearbeiter: Profeffor LANDSBERG in Darmftadt.

Grundlagen. — Elemente der Feftigkeitslehre. — Stützen und Träger. — Dachftühle. — Gewölbe.

III. Abth. Die Bauformen.

Bearbeiter: Profeffor BÜHLMANN in München.

Elementare Bauformen. — Formen der Hauptglieder eines Baues. — Verfchiedene andere Bautheile.

IV. Abth. Die Bauführung.

Bearbeiter: Geh. Baurath Profeffor WAGNER in Darmftadt.

Vorarbeiten. — Baukoften-Berechnung. — Vergebung der Bauarbeiten. — Herrichten der Bauftelle. — Rüftungen und Baumafchinen. — Bauleitung im Einzelnen.

ZWEITER THEIL.

BAUSTILE.

Hiftorifche und technifche Entwickelung.

I. Abth. Die antike Baukunft.

Bearbeiter: Baudirector Profeffor Dr. DURM in Karlsruhe, Director Dr. v. ESSENWEIN in Nürnberg.

Die Baukunft der Griechen. — Die Baukunft der Etrusker. — Die Baukunft der Römer. — Die Ausgänge der claffifchen Baukunft (Chriftlicher Kirchenbau).

II. Abth. Die mittelalterliche Baukunft.

Bearbeiter: Director Dr. v. ESSENWEIN in Nürnberg, Director FRANZ-PASCHA in Cairo.

Die Fortfetzung der claffifchen Baukunft im oftrömifchen Reiche (Byzantinifche Baukunft). — Die Baukunft des Islam. — Die romanifche und die gothifche Baukunft.

III. Abth. Die Baukunft der Renaiffance.

Bearbeiter: Baudirector Profeffor Dr. DURM in Karlsruhe, Architekt v. GEYMÜLLER in Paris, Architekten LAMBERT & STAHL in Stuttgart, Geh. Baurath Profeffor WAGNER in Darmftadt.

Die Renaiffance in Italien. — Die Renaiffance in Frankreich. — Die Renaiffance in Deutfchland. — Die Renaiffance in England.

IV. Abth. Die Baukunft der Gegenwart.

Bearbeiter: Profeffor DAMIANI-ALMEYDA in Palermo, Baudirector Profeffor Dr. DURM in Karlsruhe, Architekt STRONG in London, Geh. Baurath Profeffor WAGNER in Darmftadt.

Deutfchland und Oefterreich. — Frankreich. — England. — Italien.

Dritter Theil.

HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN.

I. Abth. Conftructions-Elemente.

Bearbeiter: Profeffor BARKHAUSEN in Hannover, Baurath Profeffor Dr. HEINZERLING in Aachen, Profeffor MARX in Darmftadt.

Conftructions-Elemente in Stein. — Conftructions-Elemente in Holz. — Conftructions-Elemente in Eifen.

II. Abth. Fundamente.

Bearbeiter: Geh. Baurath Profeffor Dr. SCHMITT in Darmftadt.

Fundament und Baugrund. — Aufgebaute Fundamente. — Verfenkte Fundamente.

III. Abth. Raumbegrenzende Conftructionen.

Bearbeiter: Profeffor BARKHAUSEN in Hannover, Profeffor † EWERBECK in Aachen, Profeffor GÖLLER in Stuttgart, Profeffor KÖRNER in Braunfchweig, Profeffor LANDSBERG in Darmftadt, Profeffor MARX in Darmftadt, Geh. Baurath Profeffor Dr. SCHMITT in Darmftadt, Bauinfpector SCHWERING in Hannover.

Seitlich begrenzende Conftructionen: Wände. Wand-Oeffnungen. Gefimfe. Einfriedigungen, Brüftungen, Geländer, Balcons und Erker. — Nach oben begrenzende Conftructionen: Gewölbte Decken. Balken-Decken Sonftige Decken-Conftructionen. Dächer und Dachformen. Dachftuhl-Conftructionen. Dachdeckungen Sonftige Conftructionstheile der Dächer.

IV. Abth. Conftructionen des inneren Ausbaues.

Bearbeiter: Civilingenieur DAMCKE in Berlin, Profeffor H. FISCHER in Hannover, Baumeifter KNAUFF in Berlin, Geh. Finanzrath KÖPCKE in Dresden, Profeffor KÖRNER in Braunfchweig, Ingenieur LUEGER in Stuttgart, Profeffor MARX in Darmftadt, Civilingenieur PH. MAYER in Wien, Baurath ORTH in Berlin, Baurath SALBACH in Dresden, Geh. Baurath Profeffor Dr. SCHMITT in Darmftadt.

Fenfter und Thüren. — Anlagen zur Vermittelung des Verkehres in den Gebäuden: Treppen. Fahrftühle und Aufzüge. Sprachrohre, Haus- und Zimmertelegraphen. — Behandlung der Wand-, Decken- und Fufsbodenflächen. Decorativer Ausbau. — Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer: Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Künftliche Beleuchtung der Räume. Heizung und Lüftung der Räume. Wafferverforgung der Gebäude. — Koch-, Entwäfferungs- und Reinigungs-Anlagen: Koch-, Spül-, Wafch- und Bade-Einrichtungen. Entwäfferung und Reinigung der Gebäude. Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwaffers. Aborte und Piffoirs. Entfernung der Fäcalftoffe aus den Gebäuden. — Sonftige Conftructionen des inneren Ausbaues: Sicherungen gegen Einbruch. Anlagen zur Erzielung einer guten Akuftik. Glockenftühle.

V. Abth. Verfchiedene bauliche Anlagen.

Bearbeiter: Profeffor † EWERBECK in Aachen, Kreis-Bauinfpector SPILLNER in Effen.

Sicherungen gegen Feuer, Blitzfchlag, Bodenfenkungen und Erderfchütterungen. Stützmauern und Terraffen, Freitreppen und Rampen-Anlagen. Behandlung der Trottoire und Hofflächen; Vordächer; Eisbehälter.

Vierter Theil.

ENTWERFEN, ANLAGE und EINRICHTUNG DER GEBÄUDE.

I. Abth. Die architektonifche Compofition.

Bearbeiter: Profeffor † BOHNSTEDT in Gotha, Profeffor BÜHLMANN in München, Profeffor A. THIERSCH in München, Geh. Baurath Profeffor WAGNER in Darmftadt.

Allgemeine Grundzüge. — Die Proportionen in der Architektur. — Die Anlage des Gebäudes. — Geftaltung der äufseren und inneren Architektur. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen.

II. Abth. Gebäude für die Zwecke des Wohnens, des Handels und Verkehres.

Bearbeiter: Professor AUER in Bern, Geh. Regierungsrath Professor ENDE in Berlin, Bauräthe KYLLMANN und HEYDEN in Berlin, Architekt LINNEMANN in Frankfurt a. M., Eifenbahnbau-Infpector G. MEYER in Berlin, Poftbaurath NEUMANN in Erfurt, Geh. Baurath Profeffor WAGNER in Darmftadt.

Wohngebäude. — Gebäude für Handel und Verkehr. — Gebäude für Poft- und Telegraphenverkehr. — Gebäude für Eifenbahn-, Schifffahrts-, Zoll- und Steuerzwecke.

III. Abth. Gebäude für landwirthfchaftliche und Approvifionirungs-Zwecke.

Bearbeiter: Baurath ENGEL in Berlin, Profeffor GEUL in München, Stadt-Baurath OSTHOFF in Berlin, Geh. Baurath Profeffor Dr. SCHMITT in Darmftadt.

Landwirthfchaftliche Gebäude: Ställe. Feimen, Scheunen und Getreide-Magazine. Gröfsere landwirthfchaftliche Complexe. — Gebäude für Approvifionirungs-Zwecke: Schlachthöfe und Viehmärkte. Markthallen und Marktplätze. Brauereien, Mälzereien und Brennereien.

IV. Abth. Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke.

Bearbeiter: Baudirector Profeffor Dr. DURM in Karlsruhe, Baurath von der HUDE in Berlin, Architekt LIEBLEIN in Frankfurt a. M., Architekt † MYLIUS in Frankfurt a. M., Profeffor REINHARDT in Stuttgart, Geh. Baurath Profeffor Dr. SCHMITT in Darmftadt, Geh. Baurath Profeffor WAGNER in Darmftadt.

Schank- und Speife-Locale, Kaffeehäufer und Reftaurants; Volksküchen und Speife-Anftalten für Arbeiter; Volks-Kaffeehäufer. — Oeffentliche Vergnügungs-Locale und Fefthallen. — Hotels, Gafthöfe niederen Ranges, Schlafhäufer und Herbergen. — Baulichkeiten für Cur- und Badeorte. — Gebäude für Gefellfchaften und Vereine. — Baulichkeiten für den Sport. — Sonftige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung.

V. Abth. Gebäude für Heil- und fonftige Wohlfahrts-Anftalten.

Bearbeiter: Stadtbaurath BEHNKE in Frankfurt a. M., Oberbaurath und Geh. Regierungsrath † FUNK in Hannover, Architekt GENZMER in Köln, Profeffor HENRICI in Aachen, Profeffor KUHN in Berlin, Stadt-Baurath STÜBBEN in Köln.

Krankenhäufer und andere Heilanftalten. — Pfleg- und Verforgungshäufer. — Bade-, Schwimm- und Wafch-Anftalten.

VI. Abth. Gebäude für Erziehung, Wiffenfchaft und Kunft.

Bearbeiter: Stadt-Baurath BEHNKE in Frankfurt a. M., Regierungs- u. Baurath EGGERT in Berlin, Geh. Regierungsrath Profeffor ENDE in Berlin, Baurath JUNK in Berlin, Baurath † KERLER in Karlsruhe, Profeffor KÖRNER in Braunfchweig, Stadt-Baurath KORTÜM in Erfurt, Oberbaurath Profeffor LANG in Karlsruhe, Oberbaurath Profeffor Dr. v. LEINS in Stuttgart, Baudirector LICHT in Leipzig, Architekt LINDHEIMER in Frankfurt a. M., Reg.-Baumeifter MESSEL in Berlin, Architekt OPFERMANN in Mainz, Architekt SEMPER in Hamburg, Geh. Ober-Regierungsrath SPIEKER in Berlin, Geh. Regierungsrath v. TIEDEMANN in Potsdam, Profeffor Dr. VOGEL in Berlin, Geh. Baurath Profeffor WAGNER in Darmftadt.

Niedere und höhere Lehranftalten. Hochfchulen, zugehörige und verwandte wiffenfchaftliche Inftitute: Univerfitäten. Technifche Hochfchulen. Naturwiffenfchaftliche Inftitute. Medicinifche Lehranftalten der Univerfitäten. Technifche Laboratorien. Sternwarten und andere Obfervatorien. — Gebäude für Ausübung der Kunft und Kunftunterricht: Künftler-Arbeitsftätten; Kunftfchulen. Gebäude für theatralifche und andere künftlerifche Aufführungen. — Gebäude für Sammlungen und Ausftellungen: Archive; Bibliotheken; Mufeen. Aquarien; Pflanzenhäufer. Ausftellungsgebäude.

VII. Abth. Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gefetzgebung; Militärbauten.

Bearbeiter: Profeffor BLUNTSCHLI in Zürich, Stadt-Baurath KORTÜM in Erfurt, Baudirector v. LANDAUER in Stuttgart, Ober-Bauinfpector † H. MEYER in Oldenburg, Stadt-Baurath OSTHOFF in Berlin, Ing.-Major RICHTER in Dresden, Geh. Baurath Profeffor Dr. SCHMITT in Darmftadt, Baurath SCHWECHTEN in Berlin, Geh. Baurath Profeffor WAGNER in Darmftadt, Baurath WALLOT in Berlin.

Gebäude für Verwaltungsbehörden und private Verwaltungen: Stadt- und Rathhäufer. Gebäude für Minifterien, Botfchaften und Gefandtfchaften. Gefchäftshäufer für ftaatliche Provinz-, Kreis- und Ortsbehörden. Gefchäftshäufer für fonftige öffentliche und private Verwaltungen. Leichenfchauhäufer. — Gerichtshäufer. Straf- und Befferungs-Anftalten. — Parlamentshäufer und Ständehäufer. — Gebäude für militärifche Zwecke.

VIII. Abth. Gebäude und Denkmale für Gottesverehrung, fo wie zur Erinnerung an denkwürdige Ereigniffe und Perfonen.

Bearbeiter: Geh. Oberbaurath Profeffor Dr. ADLER in Berlin, Baudirector Profeffor Dr. DURM in Karlsruhe, Architekten LAMBERT & STAHL in Stuttgart, Baurath ORTH in Berlin.

Gebäude für kirchliche Zwecke. — Architektonifche Denkmale. — Bildnerifche Denkmale. — Baulichkeiten und Denkmale für den Todten-Cultus.

IX. Abth. Der Städtebau.

Bearbeiter: Stadt-Baurath STÜBBEN in Köln.

Die Grundlagen des Städtebaues. — Der Entwurf des Stadtplanes. — Die Ausführung des Stadtplanes. — Die baulichen Anlagen unter und auf der Strafse. — Die Pflanzungen. — Anhang.









